

RENATURERING AF BYER

METODE, EKSEMPLER
OG ANBEFALINGER

CHEFREDAKTØR

Nicolas Bauquet

**DIRECTOR OF AGENCE RÉGIONALE DE
LA BIODIVERSITÉ EN ÎLE-DE-FRANCE**

Magali Gorce

KOMMUNIKATIONSCHEF

Sophie Roquelle

FORFATTERE

Gaëtane Deboeuf De Los Rios, Marc Barra
og Gwendoline Grandin, ARB ÎdF

ART DIRECTOR

Olivier Cransac

GRAFISK DESIGN

David Lopez / Studio TROISQUATRE
(www.troisquatre.fr)

PRODUKTION

Sylvie Coulomb

BIBLIOGRAFISK REFERENCE

Deboeuf De Los Rios, G., Barra, M., Grandin, G. 2022. Renaturer les villes. Méthode, exemples et préconisations (Renaturering af byer. Metode, eksempler og anbefalinger). ARB ÎdF, L'Institut Paris Region.

FORSIDEFOTO

Jardin des Joyeux, Aubervilliers ©Marc Barra/ARB ÎdF

UDGIVELSESDATO

November 2023

ISBN 978-2-7371-2277-4

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10732419>

© L'Institut Paris Region. Alle rettigheder til reproduktion, oversættelse og tilpasning forbeholdes. Kopiering, gengivelse og hel eller delvis citering til andet end privat og personlig brug er forbudt uden forfatterens eller udgiverens formelle tilladelse. Krænkelse af ophavsretten er omfattet af artikel 425 ff. i den franske straffelov. Pligtaflevering: 2. kvartal 2021.

PR-RELATIONER

Sandrine Kocki, sandrine.kocki@institutparisregion.fr

TRYK

L'Institut Paris Region

INSTITUT PARIS REGION

15, rue Falguière
75740 Paris Cedex 15
01 77 49 77 49



www.arb-idf.fr



INDHOLD

#1

7

HVAD ER RENATURERING?

TILGANGE OG BETYDNINGER	7
SPONTAN REGENERERING	7
GENOPRETNINGSØKOLOGI OG ØKOLOGISK TEKNIK	9
RENATURERING I BYOMRÅDER	11
MERE END BEGRØNNING	11
ØKOLOGISK TEKNIK I BYMILJØER	14
BYJORD: EN VIGTIG UDFORDRING	18
"ÅBEN JORD": ET BEGREB, DER ER SVÆRT AT DEFINERE, MEN AFGØRENDE FOR RENATURERING	19
BEHOVET FOR AT RENATURERE BEFÆSTET JORD	22

#2

25

IDENTIFICERING AF OMRÅDER MED HØJT RENATURERINGSPOTENTIALE

METODE	25
TYPOLOGI OVER BEFÆSTEDE OMRÅDER POTENTIET EGNET TIL RENATURERING	27
RENATURERING FOR AT GENOPRETTE BIODIVERSITETEN	31
KRITERIER FOR LOKALISERING AF PRIORITEREDE OMRÅDER	32
HVOR SKAL RENATURERINGEN FINDE STED FOR AT GENOPRETTE BIOSKIVITETEN?	36
FEEDBACK OG ANBEFALINGER	38
RENATURERING FOR AT LETTE TILPASNINGEN TIL KLIMAFORANDRINGER	50
KRITERIER FOR UDPEGNING AF PRIORITEREDE ZONER	50
HVOR SKAL RENATURERING FINDE STED FOR AT HJÆLPE EN REGION MED AT TILPASSE SIG KLIMAFORANDRINGERNE?	53
FEEDBACK OG ANBEFALINGER	55
RENATURERING FOR AT FORBEDRE SUNDHEDEN OG LEVEMILJØET	63
KRITERIER FOR LOKALISERING AF PRIORITEREDE OMRÅDER	63
HVOR SKAL RENATURERING FINDE STED FOR AT FORBEDRE SUNDHED OG LEVEMILJØ?	66
FEEDBACK OG ANBEFALINGER	66
POTENTIALER FOR RENATURERING I PARIS-REGIONEN	76

#3

79

VELLYKKET RENATURERING TRIN FOR TRIN

PRIORITERING AF PROJEKTER OG VURDERING AF GENNEMFØRLIGHED	79
FORUDGÅENDE ANALYSE	80
IMPLEMENTERING	81
NEDTAGNING AF INFRASTRUKTUR OG FJERNELSE AF BEFÆSTELSE	81
GENOPRETNING AF JORDEN	83
RENATURERING AF FORRINGEDE OMRÅDER VED HJÆLP AF PLANTESAMFUND	91
ETABLERING AF LEVESTEDER FOR BIODIVERSITET	97
FORVALTNING AF RENATUREREDE OMRÅDER	97
MONITORERING OG INDIKATORER	98
INVOLVERING AF LOKALSAMFUNDET	100
BESKYTTELSE AF RENATUREREDE STEDER	103

105

KONKLUSION

106

HOVEDPUNKTER

DER ER VÆRD AF HUSKE PÅ

108

BEGREBER OG DEFINITIONER

113

BILAG

119

BIBLIOGRAFI

TAK

KARTOGRAFISK MATERIALE

Cécile Mauclair, Simon Carrage (L'Institut Paris Region) og Mustapha Taqarort (Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France).

FINANSIELLE PARTNERE

Métropole du Grand Paris, Europa-Kommissionen (forsknings- og innovationsprogrammet REGREEN Horizon 2020).

REDAKTIONEL RÅDGIVNING, FEEDBACK OG DATABEHANDLING

Lucile Dewulf, Hemminki Johan, Olivier Renault, Gilles Lecuir og Gabrielle Huart (Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France), Jean Benet, Erwan Cordeau, Laetitia Pigato, Nicolas Cornet, Manuel Pruvost-Bouvattier, Nicolas Laruelle, Alexandra Cocquièrre, Christine Morisceau et la médiathèque Françoise Choay (L'Institut Paris Region), Guillaume Lemoine (EPF Hauts-de-France), Robin Dagois (Plante & Cité), Franck Marchebout (Ville de Sevran), Gaëlle Kania (Communauté d'agglomération de Maubeuge-Val de Sambre), Adine Hector et Mina Charnaux (Eurométropole de Strasbourg), Yann Fradin (Association Espaces), Aurélien Régné (Communauté de communes Caen la Mer), Cathy Biass-Morin (Ville de Versailles), Samuel Lelièvre (Ville de Besançon), Grégory Morisseau (Chorème), Marcos Da Silva (Fieldwork SAS d'architecture), Yohan Tison (Ville de Lille), Eric Chanal (SIAH), Frédéric Ségur (Métropole de Lyon), Ivan Bernez (l'Institut Agro Rennes-Angers), Jean-Louis Ducreux (Atelier d'Écologie Urbaine), Jeanne Duvergé (Ville de Caen), Samia Smaallah et Franck Rogovitz (Ville de Metz), François Vade pied (Wagon Landscaping), Olivier Taugourdeau (Valorhiz), Lionel Chabbey (Hepia), Maude Lalonde (Centre d'écologie urbaine de Montréal), Aurélien Huguet (AH Ecologie), René Perron og Bénédicte Vidaling (Les Amis du Transformateur).

RÅDGIVNING OG PROJEKTOVERVÅGNING

Luc Abbadie (Sorbonne Université), Mathieu Rivet et Tamami Owada (CDC Biodiversité), Sophie Gonguet (département de la Seine-Saint-Denis), Irène Nenner et Pierre Salmeron (Environnement 92), Marianne Zandersen (Aarhus Universitet), Åsa Ode Sang (Sveriges Landbrugsuniversitet).

DANSK OVERSÆTTELSE

eTranslate Aps



Dette projekt har modtaget støtte fra Den Europæiske Unions Horizon 2020-forsknings- og innovationsprogram under tilskudsafteale nr. 821016. Dette dokument afspejler kun forfatterens synspunkt, og Kommissionen er ikke ansvarlig for nogen brug, der måtte blive gjort af de oplysninger, det indeholder.

Denne vejledning er en del af det europæiske projekt med titlen Horizon 2020 REGREEN [1] om naturbaserede løsninger i bymiljøer. Udtrykket "naturbaserede løsninger" henviser til initiativer, der har til formål at bevare, forvalte og genoprette økosystemer. Deres mål er at dæmpe klimaforandringerne (f.eks. via kulstofopsamling og -oplagring) og at lette tilpasningen til klimaforandringerne (f.eks. via beskyttelse mod storme, oversvømmelser og jordskred). Disse løsninger har bevist deres effektivitet og kan supplere eller erstatte den grå infrastruktur, der traditionelt bruges inden for egnsudvikling. Fordelen ved naturbaserede løsninger er, at de er multifunktionelle, mens grå løsninger kun løser ét problem ad gangen. Ud over at gavne klima og biodiversitet har de den fordel, at de bidrager til at forbedre byboernes levestandard og sundhed med lavere omkostninger for de lokale myndigheder. Naturbaserede løsninger gælder for alle miljøer på alle skalaer (landbrugsjord, skov, vand- og bymiljøer) og er med til at øge lokale regioners modstandskraft over for globale forandringer. Renaturering er en måde, hvorpå man kan udrulle naturbaserede løsninger i områder, der har været genstand for arealinddragelse og jordbefæstelse.

FORORD

Paris-regionen (Île-de-France), den tættest befolkede og mest urbaniserede region i Frankrig, har en naturarv, som alt for ofte bliver overset. Den er kendetegnet ved en bred vifte af levesteder: frugtbar landbrugsjord, enestående skovområder, vådområder og floder. Paris-regionen har imidlertid i forbindelse med den økonomiske og demografiske udvikling i løbet af det sidste århundrede oplevet omfattende forandringer, som har påvirket det naturlige miljø. Dyre- og plantelivet er blevet betydeligt påvirket af disse forandringer med et markant fald i mange bestande og nogle arters forsvinden.

Regionsrådet har lanceret en række initiativer i forbindelse med udfordringerne for biodiversiteten, herunder Plan Vert-indkaldelsen af projekter, der har til formål at øge arealet af grønne områder og forbedre deres tilgængelighed; indkaldelsen af interessetilkendegivelser vedrørende brownfield-områder (forladte potentielt forurenede industriområder); og projektet "100 îlots de fraîcheur", hvis formål er at begrænse byspredning, fremme byfornyelse og etablere lokale strategier til håndtering af hedeølger. Disse initiativer er en del af den regionale biodiversitetsstrategi for 2020-2030.

For at bringe os videre er den nuværende regionale masterplan ved at blive revideret med henblik på at opnå net zero-arealinddragelse, net zero-udledning og nul affald (den cirkulære økonomi). Fordi renaturering af befæstede arealer er en måde at bringe tiltrængt natur tilbage til vores byer, har regionsrådsformanden bedt mig om, med hjælp fra Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France, at begynde at arbejde på et nyt værktøj til at fremskynde genopretningen af forringede områder, at gøre vores byområder bedre i stand til at huse biodiversitet og at formulere offentlige politikker med fokus på beskyttelse af naturområder i hele Paris-regionen.

Renaturering betyder naturligvis genplantning, genskabelse af levesteder og værtskab for vilde dyr og planter, men det betyder også styrkelse af grønne og blå forbindelser, genetablering af økosystemer og genopretning af økologiske funktioner. Mens økologisk genopretning har vist sit værd i naturlige miljøer, er der stadig mange spørgsmål vedrørende renaturering af byområder: Hvordan kan vi identificere sektorer med stort renatureringspotentiale inden for et givet område? Hvordan kan vi udarbejde strategier til håndtering af økologiske og klimarelaterede nødsituationer? Hvilken viden og hvilke metoder skal der mobiliseres for at gennemføre et vellykket renatureringsprojekt?



Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France forsøger at besvare disse spørgsmål i denne bog, som er tænkt som en inspirerende teknisk vejledning til støtte for konkrete regionale renatureringsstrategier og -projekter.

Sophie DESCHIENS,
formand det Regionale Agentur for Biodiversitet i Île-de-France, formand for Île-de-France Nature, regionsrådsmedlem med ansvar for regionale initiativer inden for cirkulær økonomi og dyrevelfærd.

FORORD

Naturligvis er det en god idé at renaturere byer - men hvorfor, hvordan, hvor og hvornår? Alle, der er involveret i eller berørt af byudvikling, fra byboere til politiske beslutningstagere, stiller disse spørgsmål. Der findes for det meste svar på dem, uanset om de er baseret på videnskab eller konkret erfaring, men de er sjældent samlet på ét sted og forbundet med hinanden.

Det er nu blevet en kliché at sige, at kun systemiske visioner og initiativer med flere mål og i flere skalaer vil gøre det muligt for os at genoprette de store naturlige balancer, der former vores liv og endda er afgørende for vores overlevelse. At handle med dette i tankerne er den presserende udfordring, vi står over for. Denne bog, som med stor dygtighed kombinerer videnskabelig viden, praktiske metoder og cases, hjælper os med at gøre dette.

Bogen giver byplanlæggere en oversigt over, hvad der er nødvendigt at vide om den aktuelle økologiske krise i byerne, især nedgangen i biodiversitet, klimaforandringer og jordforringelse. Gennem begrebet økologisk ingeniørarbejde dækker den de vigtigste principper, der gør det muligt at nå kvalitative mål om net zero-arealinddragelse. Den giver også adgang til en enkel metode til udrulning af en sammenhængende langsigtet renatureringsplan i forskellige byområder. Sidst, men ikke mindst, foreslår den, hvordan projekter kan tilpasses de lokale forhold og deles med lokalsamfundene.



Renaturering af byen indebærer mere end bare at gøre den grønnere. Det betyder, at vi forpligter os til at opbygge et nyt forhold til verden omkring os, som er radikalt anderledes end det, der har været fremherskende indtil nu. Denne bog viser os med stor tydelighed, hvordan det er muligt.

Luc Abbadie, professor i økologi og direktør for Institute of Environmental Transition på Sorbonne

Store og mindre byer i hele Europa oplever en kraftig befolkningstilvækst, og med flere mennesker følger en stigning i kunstige, befæstede overflader til nye veje, stier, pladser, bygninger og anden infrastruktur. Faktisk vokser befæstede overflader proportionelt mere i vores byer end antallet af byboere. Selvom de fleste europæiske byer mangler en kompensationsstrategi for at genvinde tabet af vegetation og grøn infrastruktur, hvilket resulterer i et fortsat tab i eksisterende grønne byområder og kronetag, er loven om udviklingstiltag undervejs for at imødegå denne udvikling. Paris-regionen er en af frontløberne med Masterplanen (SDRIFE) om at nå net-zero arealinddragelse inden 2030 og oprettelsen af agenturet "Ile-de-France Nature", der skal lette og give økonomisk støtte til fjernelse af befæstelse og renaturering i 145 byer. Den kommende EU-lov om naturgenopretning stiller også krav om at stoppe det fortsatte tab og øge mængden af grøn infrastruktur og kronetag fra 2030 i større og mindre europæiske byer.



Renaturering af byer - metoder, eksempler og anbefalinger giver tiltrængt indsigt og vejledning i, hvordan man fjerner befæstelse og udvikler bynatur af høj kvalitet i europæiske byer. Med mere og bedre forbundet bynatur af høj kvalitet, det være sig gennem flere gadetræer, grønne rabatter, regnbæde, grønne vægge, parker eller taghaver, kan vores byer blive klimarobuste, biodiverse, sunde og beboelige steder.

Marianne Zandersen, REGREEN-kordinator og seniorforsker, Institut for Miljøvidenskab ved Aarhus Universitet.

INTRODUKTION

Tabet af jordbundsfunktioner og økosystemtjenester er en af de største miljømæssige udfordringer, Europa står over for. På trods af et fald i det seneste årti udgjorde arealinddragelsen i den Europæiske Union og Storbritannien stadig 539km²/år mellem 2012-2018. Siden midten af 1950'erne er det samlede overfladeareal af byer i EU vokset med 78%, mens befolkningen kun er vokset med 33%. Befolkningstilvækst kan også være årsag til arealinddragelse, men bebyggede områder vokser hurtigere, end befolkningen vokser. Byspredningen fortsætter ofte, selv hvor befolkningstallet falder. I Frankrig er arealinddragelsen den højeste i Europa, idet den sker fire gange hurtigere end befolkningstilvæksten. Dette fænomen er nu en af de vigtigste årsager til de hurtige klimaforandringer og udhulingen af biodiversiteten.

For at løse dette globale problem har Europa-Kommissionen i EU's miljøhandlingsprogram frem til 2020 (7. miljøhandlingsprogram) foreslået at opnå "no net-arealinddragelse" inden 2050. Befæstelse af landbrugsjord og åbne områder bør så vidt muligt undgås, og fokus bør være på at bygge på jord, der allerede er blevet befæstet. I Frankrig markerer det nationale mål *Zéro Artificialisation Nette* (Net Zero-arealinddragelse) et vendepunkt i strategierne, der er udformet til at bremse byspredningen, da det lægger vægt på byfornyelse og byfortætning. Det introducerer også et renatureringsmål, der indebærer at give en mængde jord tilbage til naturen, der svarer til det, der bruges til byvækst. For eksempel kunne uudnyttet jord blive dyrket igen eller renatureret, så den igen kan levere økosystemtjenesterne fra ikke-befæstet jord. Implementeringen af målet om net zero-arealinddragelse, hvor nødvendigt det end måtte være, kan ikke desto mindre resultere i endnu større byfortætning i byer, der allerede lider under klimaforandringer og faldende biodiversitet. Desuden forudsætter de anslåede omkostninger og kompleksiteten af en renatureringsoperation først og fremmest, at man undgår yderligere arealinddragelse.

I denne sammenhæng er det blevet vigtige strategier at bremse byvæksten og renaturere bymiljøerne. De er så meget desto mere relevante, da biodiversiteten falder markant i byområder, virkningerne af klimaforandringer (afstrømning, oversvømmelse, urbane varmeøer osv.) intensiveres, og byboernes sundhed og trivsel forringes. Renaturering gør det muligt at tilpasse byerne til klimaforandringerne og gøre dem mere gennemtrængelige for vilde dyr og planter ved at udvikle naturbaserede løsninger. Vores byer er fulde af områder, der er blevet dækket af beton og asfalt, og hvor naturen kunne vende tilbage og blomstre. Paris-regionen, især Greater Paris-området, er særligt påvirket af konsekvenserne af urbanisering og tæthed. Formålet med denne vejledning er at foreslå en metode, der kan hjælpe de lokale myndigheder med at udpege byområder, hvor renaturering er en vigtig strategi til at genoprette biodiversiteten, tilpasse sig klimaforandringerne og forbedre folks sundhed. Baseret på feedback fra de adspurgte inden for området giver den anbefalinger til, hvordan man implementerer projekter under de bedst mulige forhold.



HVAD ER RENATURERING?

Begrebet renaturering omfatter mange forskellige tilgange og visioner, og begreberne udvikler sig konstant i det videnskabelige samfund. Ordet, som det ville være meningsløst at forsøge at give en enkelt, universelt accepteret definition af, henviser til den generelle idé om at "bringe økosystemer, der er blevet forringet, beskadiget eller ødelagt af menneskelig aktivitet, tilbage til deres naturlige eller semi-naturlige tilstand" (*SER, 2004*). Konceptet, der oprindeligt blev forbundet med genopretning af forringede naturområder, har vundet indpas i bymiljøet, siden målet om net zero-arealinddragelse blev indført. Det er åbent for forskellige fortolkninger afhængigt af de involverede interessenter, det være sig økologer, entreprenører, planlæggere eller landskabsarkitekter. Det synes derfor vigtigt at vende tilbage til kilden til denne idé og de forskellige tilgange, den omfatter. Hvis man forstår målene med renaturering, letter det dialogen mellem byens interessenter og gør det muligt at foreslå en fælles fortolkningsramme for gennemførelsen af denne type projekter.

TILGANGE OG BETYDNINGER

SPONTAN REGENERERING

Renaturering er traditionelt forbundet med processer, hvor naturen vender tilbage til et område, der har været udsat for arealinddragelse eller menneskelig forstyrrelse. Ved blot at sætte en stopper for menneskelig indblanding kan miljøet genkoloniseres på en passiv eller spontan måde. Denne proces er blevet beskrevet som noget, der fører til en tilstand af "feralitet" (afdomesticering): med andre ord vender økosystemerne tilbage til den vilde tilstand, når den menneskelige udnyttelse ophører (*Génot & Schnitzler, 2012*). Feralitet ligger tæt på ideen om rewilding, som betyder, at et miljø genkoloniseres af vilde dyr og planter (med eller uden menneskelig indgriben), når menneskets aktiviteter er blevet opgivet eller stoppet.

Denne form for renaturering, som lader naturen gå sin gang, er baseret på elementer, der allerede findes i eller i nærheden af området (*Grubb & Hopkins, 1986; Powers et al, 2009*) og indebærer derfor ingen økonomiske eller miljømæssige omkostninger. Desuden fungerer renaturerede økosystemer som friluftslaboratorier, der over tid tilpasser sig nye anvendelser og klimaforandringer. Denne type renaturering er især nyttig, når projektet kan finde sted over en lang periode, og når den økologiske forbundethed er tilstrækkelig til, at dyre- og plantearter kan genkolonise-

I Frankrig forsvares og implementeres ideen om rewilding især af Association pour la Protection des Animaux Sauvages (ASPAS) i det 490 hektar store naturreservat i Vercors Naturpark [2], og for nylig af Association Francis Hallé pour la Forêt Primaire, som er involveret i et 70.000 hektar stort rewilding-projekt i Vogeserne [3].

Coordination Libre Evolution, der blev oprettet i 2021, og som samler fire organisationer til beskyttelse af vilde dyr og planter, støtter ideen om, at beskyttede vilde naturområder skal udgøre 10% af det samlede areal i det franske storbyområde i 2030 [4]. Naturforskerne Gilbert Cochet og Béatrice Kremer-Cochet, der har specialiseret sig i rewilding, har udgivet *Europe réensauvagée. Vers un nouveau monde* (Actes Sud, 2020), som på baggrund af eksperimentelle resultater, påviser værdien af disse vilde naturområder til at genoprette biodiversiteten. I en artikel om planetariske økologiske grænser anbefaler forskerne at genoprette 23,9 millioner kvadratkilometer, svarende til 18,1% af biosfæren, for at bevare biodiversiteten og de funktioner, der er forbundet med den (*DeClerck et al, 2021*).

Ifølge Edward O. Wilson, en forsker, der er kendt over hele verden for sit arbejde med biodiversitet, skal halvdelen af planeten bestå af vild natur for at standse masseudryddelsen. I Frankrig udgjorde "stærkt beskyttede" områder klassificeret som "*aires protégées réglementaires*" (naturreservater, områder i hjertet af nationalparker, biologiske reservater, områder omfattet af officielle beskyttelsesordrer) kun 1,8% af landet i 2019 [5]. De udgør blot 0,59% af Paris-regionen [6].

re stedet (*Prach et al, 2015; Chazdon & Guariguata, 2016*). I visse tilfælde kan det endda bruges i stærkt forstyrrede områder som forladte stenbrud eller miner, selvom processen så er langsommere (*Prach & Hobbs, 2008*). Desværre er passiv renaturering stadig undervurderet, og de udfordringer, der er forbundet med det, bliver nogle gange undervurderet. Renaturerede områder bliver alt for ofte set som forringede og øremærkede til udvikling.

Brownfield-områder som biodiversitetsreservater

I byområder har tanken om spontan kolonisering stadig ikke vundet indpas, da det ofte er forbundet med forurening og forladthed. Denne udviklingskurs kan dog allerede observeres i byernes brownfield-områder, selvom sidstnævnte nogle gange opfattes negativt. Flere forskere har vist, at steder, der har fået lov til at gro til, har et reelt potentiale for at bevare biodiversiteten i byerne (*Bonthoux et al, 2014*). I Paris-regionen er diversiteten af planter, fugle og sommerfugle i brownfield-områder større end i alle andre "naturlige" byområder (parker, haver, kirkegårde osv.) (*Baude et al, 2011*). Da de ikke huser nøjagtig de samme arter som de forvaltede områder, fungerer brownfield-områder også som et refugium for såkaldte "urban avoiders"

(filtbladet kongelys, kruset tidsel, tornsanger, murøgler), som har svært ved at tilpasse sig forholdene i byen. Sidst, men ikke mindst, bidrager disse miljøer, der får lov til at udvikle sig frit, også til den økologiske kontinuitet i lokal-områder ved at give arter mulighed for at bevæge sig på tværs af den urbane matrix (*Muratet et al, 2019*).

Denne proces med spontan kolonisering er blevet grundigt undersøgt i Tyskland via Ingo Kowariks arbejde med spontane byskove i Berlin. Nogle af byens symbolske parker er resultatet af denne proces, for eksempel *Natur-Park Schöneberg Südgelände*, som er resultatet af renatureringen af en tidligere rangerbanegård. Dette 18 hektar store område var utilgængeligt i næsten 50 år, før det blev åbnet for offentligheden i 2000. Eksisterende træer er blevet bevaret uden yderligere beplantning. Vedligeholdelsen er minimal og begrænset til gangstierne. En opgørelse i 2010'erne identificerede 366 forskellige arter af bregner og blomsterplanter, 49 svampearter, 49 fuglearter, 14 græshoppe- og fårekyltingearter, 57 edderkoppearter og 95 biarter, hvoraf 60 er truede [10].

ER BROWNFIELD-OMRÅDER BARE BYGGEMODEN JORD?

For nylig er der blevet lanceret flere initiativer for at identificere og evaluere brownfield-områder, herunder Cartofriches (Cerema) [7] og Bénéfriches-guiden (ADEME) [8]. En undersøgelse foretaget af Institut Paris Region har oplistet 2.700 brownfield-områder, der dækker næsten 4.200 hektar i hele Paris-regionen. Disse initiativer har til formål at hjælpe de lokale myndigheder med at danne sig et billede af flere forskellige anvendelsesmuligheder for sådanne steder og fremhæve, hvordan de kan bidrage til byfornyelse.

Selvom visse brownfield-områder, som f.eks. dem, der er kraftigt befæstede, er modne til fortætning, er andre blevet fuldgældige naturområder med en betydelig biodiversitet. Atter andre indeholder den sidste mulighed

for at genskabe naturområder i stærkt urbaniserede områder.

Det er derfor vigtigt at få en bedre forståelse af brownfield-områder, især via økologiske opgørelser, før der foretages intervention eller planlægning. De ses stadig alt for ofte som "områder, der afventer udvikling", og en anerkendelse af deres status som naturområder bør være en del af en ambitiøs regional renatureringspolitik. På samme måde kan ethvert brownfield-genopbygningsprojekt, uanset hvor "grønt" det måtte være (omdannelse til parker, haver, bylandbrug osv.), i sidste ende føre til ødelæggelse af naturværdier og mindske det økologiske potentiale i sådanne områder, hvorimod der vil være garanti for større biologisk diversitet, hvis de efterlades uforstyrrede og frie til at udvikle sig.



Brownfield-områder er et eksempel på spontan renaturering uden menneskelig indgriben
©École d'Urbanisme i Paris [9].



I 2000 åbnede Natur-Park Südgelände i Berlin for offentligheden efter næsten 50 års uhindret udvikling. ©City of Berlin

GENOPRETNINGSØKOLOGI OG ØKOLOGISK TEKNIK

I de fleste tilfælde involverer renaturering menneskelig indgriben, om end den er minimal. Dette kaldes økologisk genopretning, en disciplin, der formelt blev etableret i 1980'erne med oprettelsen af *Society for Ecological Restoration* i USA. Denne gruppe forskere definerer økologisk genopretning som den proces, hvor man hjælper med at genoprette et økosystem, der er blevet forringet, beskadiget eller ødelagt, for at genetablere det tidligere økosystem med hensyn til dets specifikke sammensætning, dets økologiske funktioner, det fysiske miljøes evne til at understøtte levende organismer og dets forbundethed med det omgivende landskab. I de senere år har økologisk genopretning især udviklet sig i naturlige, især akvatiske miljøer (floder og vådområder), men er også blevet brugt til at genoprette steder og jord, der er forurenet af tidligere industriel aktivitet (*Tobias et al, 2018*).

Initiativer til økologisk genopretning kan antage meget forskellige former og involvere forskellige grader af menneskelig indgriben. Mens nogle indgreb kræver tungt udstyr (byggepladsmaskiner osv.), gør andre brug af alternativer til traditionel anlægsteknik. Dette gælder for økologisk teknik, hvor man gør brug af en bred vifte af ekspertise og værktøjer baseret på levende organismer og en forståelse af de mekanismer, der styrer økosystemer.

Ifølge de forskere, der startede bevægelsen, er økologisk teknik bredt defineret som "*forvaltning af miljøer og design af bæredygtige, tilpasningsdygtige, multifunktionelle udviklingstiltag inspireret af eller baseret på de mekanismer, der styrer økologiske systemer (selvorganisering, mangfoldighed, heterogene strukturer, resiliens)*" (*Abbadie et al, 2015*). Økologisk teknik anvendes i forbindelse med rehabilitering af beskadigede økosystemer, genopretning af funktionelle samfund, genindførelse af arter, behandling af forurening ved hjælp af levende organismer, genopretning og styrkelse af økosystemtjenester og design af nye materialer, der minimerer ødelæggelsen af miljøet.

Et af formålene med økologisk teknik er at begrænse brugen af ikke-vedvarende ressourcer og input og i stedet bruge vedvarende naturressourcer med lav økologisk påvirkning. Økologiske ingeniører bruger en række teknikker, der er inspireret af den levende verden. For eksempel er det muligt at bruge arter, der betegnes som økosystemingeniører, hvis blotte tilstedeværelse og aktivitet ændrer deres miljø betydeligt (mykorrhiza, regnorme, fytoforemedicerende planter, høstmyrer, bævere, rustikke planteædere osv.)



Økologisk genopretning er især blevet udviklet inden for rammerne af retablering af vandmiljøer (floder og vådområder), her Bièvre genoprettet ved Igny ©Hervé CARDINAL, SIAVB

REFERENCETILSTANDE INDEN FOR ØKOLOGISK GENOPRETNING

Inden for økologisk genopretning anvendes begrebet referencetilstand, som betyder, at man etablerer den tilstand, et område var i, før det blev beskadiget. Denne metode til at definere en udgangstilstand bruges ofte i projekter, der har til formål at genoprette naturlige eller semi-naturlige økosystemer, men den er vanskelig, hvis ikke umulig, at udføre i bymiljøer. Renaturering i bymiljøer involverer oftere genopretning, genindvinding eller naturlig regenerering uden nødvendigvis at sigte mod at vende tilbage til en oprindelig tilstand, hvis eksistens er åben for

debat i det videnskabelige samfund. Det er dog altid interessant at udføre historisk forskning i de tidlige stadier af et genopretningsprojekt og at forsøge at genoprette visse funktioner i måløkosystemet (hvis ikke dets biotiske integritet), som det er tilfældet med renatureringsoperationer, der fokuserer på tidligere vådområder, vandløb, der er blevet kanaliseret eller dækket til, reliktskov, tidligere enge eller flodbredder, der er blevet forringet med tiden. Når det drejer sig om gentildeling og naturlig regenerering, er der ikke brug for historiske referencer, da renaturering skaber et nyt økosystem med andre funktioner og en anden struktur.

I modsætning til anlægsarbejde har økologisk teknik et beskeden økologisk fodaftryk og tager udgangspunkt i den kontekst, hvor det anvendes, hvilket giver større chancer for succes. Genopretningsinitiativer kombinerer imidlertid som regel anlægsarbejde og økologisk teknik, da de ofte er

afhængige af forudgående dekontaminering af de pågældende steder og kræver destruktion af menneskeskabte strukturer a bygninger, betoninfrastruktur, kanaler, jordvolde, dæmninger osv.

RENATURERING I BYOMRÅDER

MERE END BEGRØNNING

I bymiljøer opfattes renaturering stadig ofte som en tilgang til landskabspleje (*Pech, 2017*), hvis hovedformål er at skabe en grøn kulisse, der gør byen mere attraktiv. I Frankrig udviklede denne form for begrønning sig under indflydelse af formel landskabspleje, som traditionelt har været en meget kontrolleret ornamentalt tilgang til naturen, der primært fokuserer på planter og ignorerer andre arter såvel som økologisk funktionalitet.

Hvad er forskellen mellem begrønning og renaturering?

I modsætning til økologisk teknik foregår begrønning ofte uden forbindelse til den klimatiske eller geografiske kontekst, der anvendes dårligt tilpassede havebrugsarter, og der kræves mange input (muldjord, gødning, energi, kunstvanding osv.), hvilket betyder, at disse områder ikke er selvforsynende og er afhængige af intensiv forvaltning. Begrønning starter ofte fra bunden ved at fjerne eksisterende vegetation og erstatte den eksisterende jord med muldjord - som er ved at være en mangelvare i landbrugsmiljøer. Begrønning iværksættes ofte alene for det pågældende område, mens renaturering tager højde for en række forskellige skalaer og følger principperne for landskabsøkologi. Arketyperne for begrønning er for eksempel den formelle have i fransk stil, græsplæner, monospecifik beplantning, modulære levende vægge, hævede plantekasser, blomsterenge tilsået med ikke-lokale arter osv.

Et koncept, der ikke stopper ved vegetationen

Modifænomener påvirker også dyre- og plantelivet, hvilket kan ses på antallet af bistader i tætbefolkede byområder. Dette kan sammenlignes med en avlsmetode og kan føre til en alt for høj tæthed af tamme honningbier (*Apis mellifera*) til skade for populationer af vilde bestøvende insekter, som skal konkurrere om adgang til blomsterressourcer (*Ropars et al, 2017*). At "redde bierne" kræver først og fremmest, at man beskytter eller genopretter en bred vifte af levesteder, der er velegnede til bestøvere (byenge, levende hegn, jordbundsmiljøer osv.).

Generelt set kan kunstige løsninger som dyrehuse, selvom de er meget populære, potentielt blive økologiske fælder, især for visse fugle (*Schwartz, 2020*). På samme måde kan insekthoteller være ude af trit med målarternes behov, og der bliver ikke tænkt nok over at sikre deres forbundethed. Selvom disse initiativer har en ubestridelig pædagogisk værdi, er de ikke effektive midler til at genoprette biodiversiteten.

På den anden side er renaturering gennem økologisk teknik baseret på viden om økologi og tager højde for alle niveauer af biodiversitet (genetisk, specifik og økologisk). Hovedformålet er ikke at forskønne miljøet men at finde den økologiske funktion, der svarer bedst til naturlige systemer, med fokus på veltilpasset fauna og flora og un-

der hensyntagen til arternes behov, med brug af færrest mulige ressourcer og minimering af fremtidige forvaltningsindgreb.



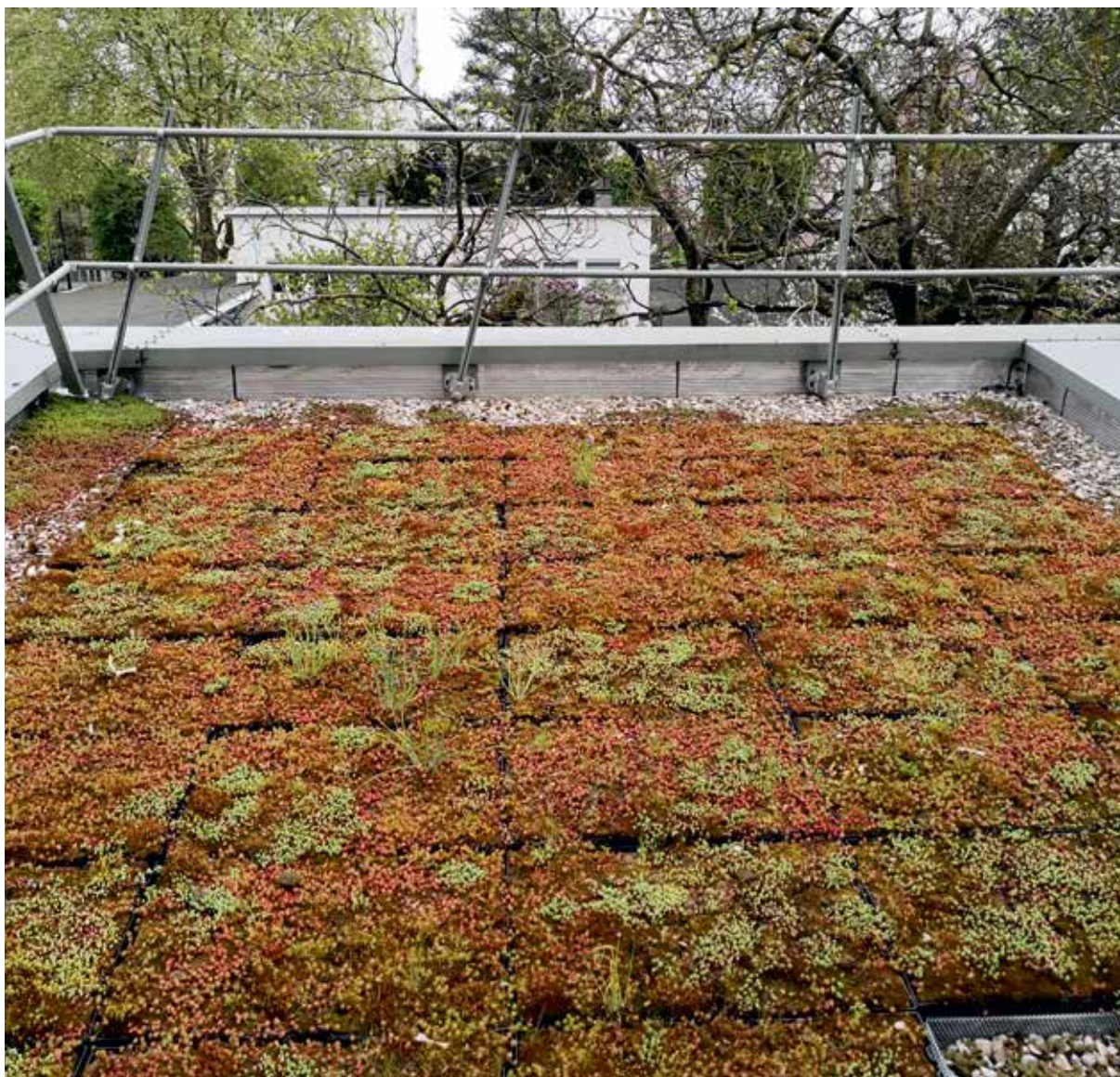
For at fremme vilde bier i byområder, hvoraf 70% bygger rede under jorden, er det nødvendigt at bevare eller genoprette deres levesteder i stedet for at oprette erstatningsbistader. Ovenfor: en vejbi i sin rede ©Gilles Lecuir/ARB ÎdF

Blandscaping eller standardisering af naturen i byområder

Den voksende interesse for naturen i byerne går således hånd i hånd med en form for standardisering, som det kan ses af det stigende antal bistader og insekthoteller (Fortel et al, 2014), "klar-til-brug" beplantningssystemer til bygninger og attraktivt markedsførte urbane mikroskove. Dette fænomen, som forskere har døbt "blandscaping" (Connop, 2018), svarer til installationer, der bruger de samme designmetoder og de samme arter, og som ofte er "copy-pastet" fra byområder over hele kloden. Disse løsninger er generelt udviklet industrielt for at opfylde markedsføringskrav i form af standardiserede eller brugsklare produkter.

Men økologi fungerer i overensstemmelse med de lokale realiteter. Mens det er nødvendigt at etablere for-

syningskæder (for frø, frøplanter, materialer osv.), kan tilgange, der sigter mod at bringe naturen ind i byområder, og renatureringsprojekter kun udformes individuelt under hensyntagen til lokale karakteristika. De er uforenelige med den industrielle udvikling, som uundgåeligt fører til standardisering. Ved at anvende principperne for økologisk teknik kan man undgå denne faldgrube ved at foreslå unikke løsninger, hvis design fokuserer på arternes krav, livscyklusser og iboende behov (levested, forbundethed, trofiske netværks kompleksitet) og ved at bruge lokale ressourcer (bjærget jord, vilde frø indsamlet i nærheden, arter, der allerede findes på stedet, etc.). I Frankrig har mærket Végétal local®, som tilbyder vilde blomsterarter, der er tilpasset forskellige regioner, banet vejen for projekter, der anvender denne tilgang.



Nogle begrønningssystemer, såsom disse forkultiverede stenurtsmætter til grønne tage, bliver ofte "copypastet" fra den ene by til den anden. ©Marc Barra

MIYAWAKI-SKOVE: RENATURERING ELLER BARE EN DILLE?

I de seneste par år er urbane mikroskove kaldet "miyawaki-skove" skudt op over hele Europa. Metoden går ud på at skabe tætte beplantninger af forskellige træarter (3-7 træer pr. kvadratmeter) på et område, der normalt er mindre end 1 hektar. De var oprindeligt inspireret af den spontane vækstdynamik, man ser i skove. Understøttet af en indøvet ordstrøm, der minder mere om et valgslogan end videnskab, siges det, at disse nye skove "vokser ti gange hurtigere", "huser 20 gange mere biodiversitet" og er "30 gange tættere" end naturlige skove [11]. De er enormt populære hos lokalråd og i lokalsamfund.

De foreslås som en mirakelløsning for biodiversitet og byfornyelse, men kritiseres ikke desto mindre af det videnskabelige samfund. Hvad angår påstanden om at være "30 gange tættere", viser en af de få undersøgelser, der er foretaget om emnet i Europa, en dødelighed på mellem 61 og 84% (*Schirone et al, 2011*). Ud over de ressourcer, denne metode kræver (vanding, oprykning af uønskede kimplanter osv.), afhænger udvælgelsen af arter udelukkende af konkurrencedygtighed, ikke resiliens, især over for tørkeperioder.

Selv om denne type operationer kan have sin plads i rækken af initiativer, der involverer naturen i byområder, kan den ikke standardiseres. Sådanne tiltag skal være forankret i deres lokale kontekst og kan derfor antage mange forskellige former: levende hegn, lavskove, udvidelser af reliktskov eller simpelthen at lade vild byskov udvikle sig, hvilket ikke kræver menneskelig indgriben og ikke koster noget. Vi må huske på, at biodiversitet ikke kan måles i antallet af træer, der hurtigt er blevet plantet. En moden skov kræver gammel skovjord, tager lang tid at udvikle (over 200 år) og rummer maksimal biodiversitet (lav, svampe, insekter) i sine gamle urskovs- og aldrende stadier (*Génot & Schnitzler, 2020*). Sidst, men ikke mindst, har jordens oprindelige tilstand betydning: Jord, der er forurenet eller i dårlig stand, kan begrænse planternes udvikling. Når der er blevet fjernet befæstelse inden renaturering, må man ikke glemme vigtigheden af plantesuccession, især udviklingen af pionerplanter og den rolle, de spiller i genopretningen af forringet jord (se s. 83).

Fra begrønning til økologisk teknik

Mange landskabsarkitekter, såsom Michel Clément, har åbnet op for en ny æra, hvor landskabsarkitekturens verden og den videnskabelige økologis verden mødes. De baserer sig på landskabsøkologi, som tager hensyn til landskabets omfang i den rumlige organisering af økosystemer og betragter dets sammensætning og form som nøgleelementer, der påvirker økologiske processer (*Bourgeois, 2015; Burel et Baudry, 1999*). Den bruger forskellige metoder og modeller til at studere landskabets tidligere, nuværende og fremtidige former og har bidraget til både økologisk viden og implementeringen af økologisk forbundethed i byer. Byøkologi kan ikke undvære landskabsøkologi, da disciplinerne nødvendigvis supplerer hinanden i forbindelse med bymæssige renatureringsprojekter.

Et stigende antal genopretningsprojekter tager udgangspunkt i det bredere landskab snarere end i det enkelte levested, idet man tager højde for, at arterne skal kunne bevæge sig, finde føde og formere sig på en sådan måde, at de bevarer den nødvendige genetiske sammenblanding af populationerne. Disse tilgange indebærer for eksempel at genoprette grønne og blå forbindelser ved at genoprette forbindelsen mellem isolerede miljøer i landskabsmatrixen. I praksis bliver grænsen mellem landskabsdesign og byøkologi gradvist udvisket: valget af planter bestemmes ikke længere kun af æstetiske kriterier, men fokuserer i stedet på lokale arter og tager hensyn til samspillet med dyreliv, jordbund og lokale forhold. Omvendt er økologer, som nogle gange er meget teoriorienterede, mere og mere afhængige af landskabsarkitekternes kompetencer og ekspertise.

ØKOLOGISK TEKNIK I BYMILJØER

I de senere år har økologisk teknik udviklet sig betydeligt i byer, især i Frankrig, under navnet plantebaserede teknikker ("genie vegetal" på fransk), som omfatter en række teknikker baseret på brugen af planter og deres strukturelle funktioner (som stabilisatorer, ankre osv.) til at bekæmpe jorderosion, stabilisere jordvolde eller genoprette flodbredder, floder eller urbane vådområder. Ved denne type operationer spiller vegetationen ikke blot en supplerende rolle (som "begrønning"). I stedet opfattes planter som selvstændige levende byggematerialer, som kan bruges alene eller sammen med inerte materialer (Schiechtel, 1992). Brugen af økologi kan antage mange forskellige former i byer og tjene en række formål, der er designet til at genoprette økologiske funktioner eller helt renaturere forringede miljøer: brug af planter til at rense gråvand (fytooprensning) eller til at opsamle byforure-

ning, oversvømmelseshåndtering, reduktion af urbane varmeøer og så videre. Under alle omstændigheder er biodiversitet central for disse operationer: det er både et middel og et mål, når det drejer sig om renaturering.

Principperne for økologisk teknik kan således anvendes på en lang række byprojekter, uanset om de involverer renaturering eller forvaltning eller skabelse af nye økosystemer. Nye teknikker, der kombinerer økologisk teknik og anlægsarbejde, er også dukket op, især i forbindelse med genopretning af jord, der indeholder materialer, der er blevet tilovers fra nedrivningsprogrammer ("technosols"). Selvom der kræves en vis menneskelig indgriben, er økologisk teknik ofte synonymt med aktiv renaturering. Principperne og trinnene i implementeringen af økologisk teknik inden for rammerne af et renatureringsprojekt er beskrevet i del 3.



Økologiske teknikker, der bruges til at genoprette flodbredder for at beskytte dem mod erosion, stabiliserer dem og giver dem mulighed for at regenerere sig. ©Gilles Lecuir

Kombinerede tilgange

De forskellige tilgange til renaturering i naturlige og urbane miljøer er ikke uforenelige. Tværtimod kan de supplere hinanden inden for et område eller på et enkelt sted, f.eks. ved at anvende mål for naturlig regenerering i nogle sektorer og menneskeassisteret genopretning i andre. Uanset om renatureringen er passiv eller aktiv, konvergerer alle disse tilgange mod den naturlige proces med økosystemgenopretning, selvom de er forskellige med hensyn til graden af menneskelig involvering. I alle tilfælde kræver de løbende tilpasningsdygtig forvaltning og tæt overvågning, indtil økosystemet er genoprettet. Målsætningerne varierer fra projekt til projekt: Vi kan forsøge at genoprette

alle biodiversitetens komponenter, fra gener til arter til landskaber; vi kan fokusere på økosystemernes funktionalitet, med andre ord ikke kun de funktioner, der er nødvendige for, at økosystemerne kan fungere, men også de funktioner, der forsyner mennesker med "økosystemtjenester" (Millennium ecosystem assessment, 2005); vi kan også forsøge at gøre økosystemerne "vildere". Det endelige mål er at genoprette den økologiske funktionalitet, at gøre miljøerne bedre i stand til at opretholde sig selv og at sikre, at de naturlige kulstof-, vand- og kvælstofkredsløb fungerer ved at efterligne de naturlige systemers egenskaber.

FJERNELSE AF BEFÆSTELSE ER IKKE RENATURERING

Renaturering forveksles ofte med fjernelse af befæstelse, som går ud på at genskabe muldjordens gennemtrængelighed, ofte ved hjælp af porøse drænnende belægninger. Selvom det er en vigtig faktor, er fjernelse af befæstelse i sig selv dog ikke nok til at genoprette jordens økologiske a. Brugen af gennemtrængelige overfladematerialer har udviklet sig markant i de senere år, nogle gange på bekostning af åbne arealer (f.eks. skolegårde, områder omkring træer). Brugen af dem bør begrænses til veje, stier og parkeringspladser, hvis brug er uforenelig med permanent beplantning.

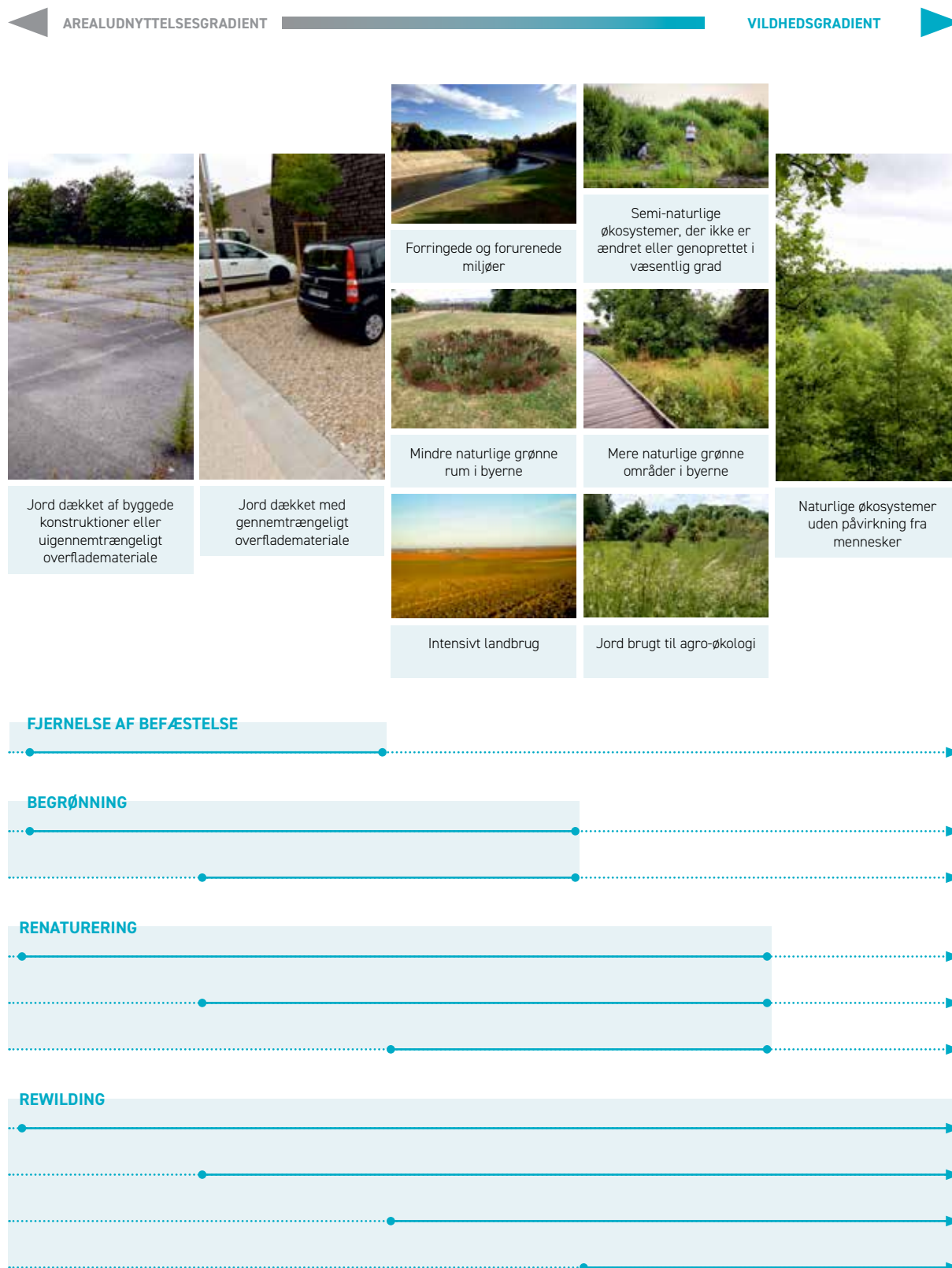
Alternative regnvandshåndteringssystemer har tilskyndet byråd til delvist at fjerne befæstelse og beplante visse områder, for det meste ved hjælp af landskabspleje (beplantede grøfter, haver der kan oversvømmes). Mens flere undersøgelser viser at beplantning af regnvandshåndteringssystemer er godt for biodiversiteten, så kan de økologiske kvaliteter styrkes yderligere ved at omstrukturere jordlaget, fx. gennem dekomprimering, oprettelse af jordhorisonter, jordforbedring m.v. (Barra, 2020). Installationer som er etableret over jorden for at håndtere regnvand som fx. grønne tage, urbane grøntsagshaver i containere, beplantede områder på plader og grønne vægge etableret i kasser hører ikke til kategorien af renaturerede områder.



Drænnende belægninger eller permeabel asfalt, som virkelig er nyttige på visse overflader for at forbedre regnvandshåndteringen, er ikke eksempler på renaturering.
©Gilles Lecuir (op) ©Commune de Narbonne (ned)

	FJERNELSE AF BEFÆSTELSE	BEGRØNNING	RENATURERING
Mål og formål	Genopretning af vandkredsløbet ved at gøre jorden gennemtrængelig og begrænse afstrømning og oversvømmelser.	Brug af planter til at gøre bymiljøet mere attraktivt, udsmykning.	Genopretning af økologiske funktioner, oprettelse af levedygtige levesteder i forhold til den grønne og blå forbindelse, vandforvaltning, tilpasning til klimaforandringer.
Tilknyttede kompetencer og fag	Ingeniører, hydrologer	Landskabsarkitekter	Økologer, ingeniører, naturforskere, øko-landskabsarkitekter
Overvejede skalaer	Sted, afstrømningszone eller vandopland	Sted eller landskab	Hierarkiske skalaer med hensyn til landskabet og økologiske netværk
Overvågning	I relation til vandets kvalitet og dynamik	Ikke systematisk	Evaluerer af biodiversitet før og efter ved hjælp af standardiserede protokoller
3 niveauer af biodiversitet overvejet	Ikke inkluderet i målene, men stadig hyppigere i regnvands-håndteringsløsninger.	Ikke systematisk, ofte plantefokuseret.	Genstrømme, arter og økologiske interaktioner overvejet.
Eksempler på anvendelse	Alternative systemer til håndtering af regnvand, gennemtrængelige overflader	Lavninger, blomsterbede, hævede beholdere	Moser, enge, grønne og blå forbindelser, skabelse af levesteder med fokus på arternes behov
Tilpasset den lokale miljømæssige kontekst?	Ja, i forhold til vandets kredsløb	Ikke nødvendigvis (uhensigtsmæssigt valg af art, massivt input), men tager ofte højde for den sociale kontekst.	Forudgående økologisk analyse, sammenhængende artsvalg inden for den ønskede økologiske retning, jordbundsundersøgelser.
Forvaltning	Omfattende til intensiv	Omfattende til intensiv	Omfattende til fri naturlig evolution

TABEL 1. Sammenligning mellem fjernelse af befæstelse, begrønning og renaturering.



FIGUR 1. Klassificering af områder ved hjælp af en "arealinddragelse-vildhed-gradient" afhængig af fjernelse af befæstelse, begrønning, renaturering og rewilding.

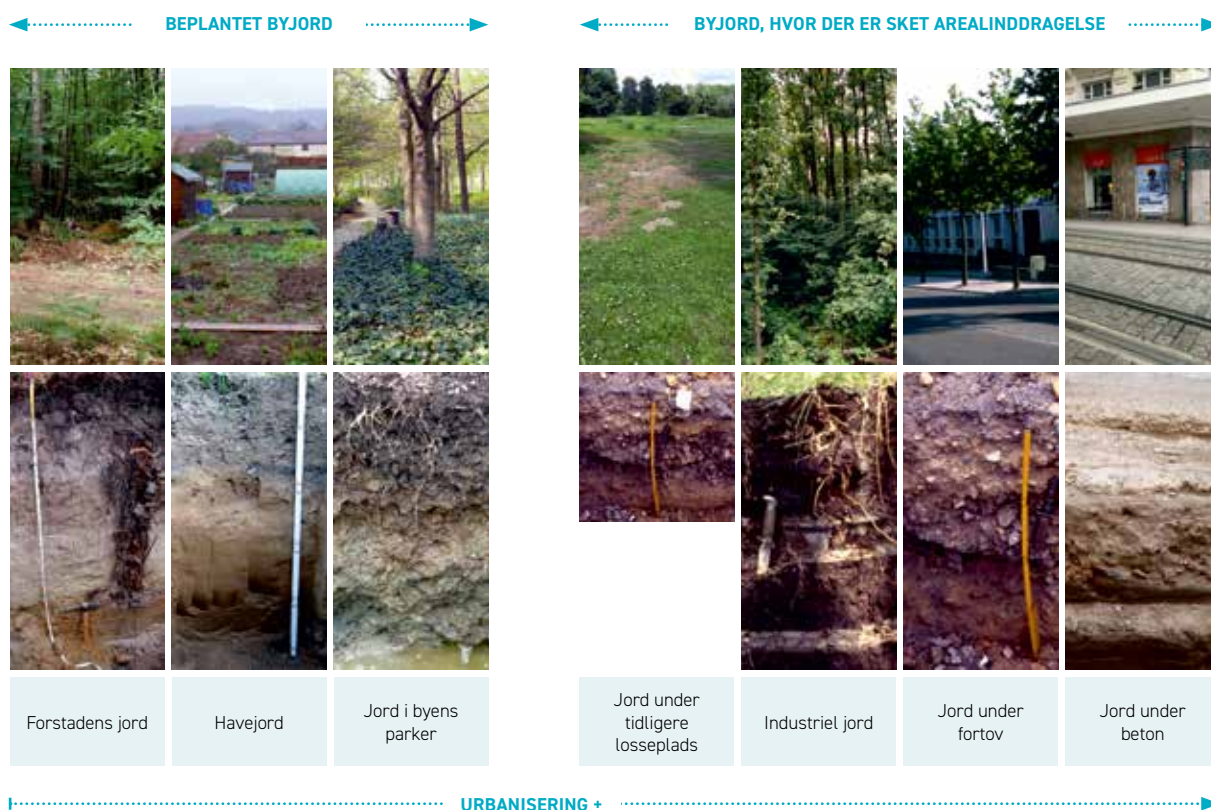
BYJORD: EN VIGTIG UDFORDRING

Selvom jord er hjemsted for 25% af den del af verdens biodiversitet, der lever på land (IPBES, 2019), er der stadig en ringe forståelse af den, og den har længe været forsømt og set som et rent fysisk medie. Jorden er imidlertid en fuldgyltig del af biodiversiteten, idet den er levested for utallige levende organismer (mikrofauna, mesofauna og makrofauna) og fungerer som medie for grundlæggende økologiske processer som biogeokemiske kredsløb og vandkredsløbet. Renaturering kan ikke gennemføres uden at tage hensyn til jordens tilstand og dens økologiske funktionalitet.

Byjord er i de fleste tilfælde væsentligt modificeret og forringet (forurening, komprimering, forstyrrede jordhorisonter) eller endda gjort uigennemtrængelig, når den er dækket af ikke-porøse materialer (veje, parkeringspladser osv.) eller af en bygning. Befæstelse forhindrer vand i at trænge ned i jorden og kompromitterer dens funktion som medie for planter. Byjord er også ofte forurenet med tungmetaller og kulbrinter. I Paris-regionen er jordkoncentrationerne af cadmium, bly og kobber 8 gange højere i byskove end i skove uden for byerne (Foti, 2017). I byerne

er jorden også fragmenteret af infrastruktur, som bryder den økologiske kontinuitet og helt eller delvist isolerer biodiversitetsreservoirer.

Renaturering i bymiljøer skal fokusere på at genoprette jordens funktioner i stedet for at erstatte dem. I dag bruger de fleste planteprojekter i bymiljøer muldjord, der er fjernet fra landbrugsjord eller vulkansk jord. Det er et stort problem, som blot overfører påvirkninger til andre miljøer. For at sætte en stopper for denne "jord-trafficking" vælger flere og flere aktører at genbruge bymæssige biprodukter (kompost fra grønt affald, knust beton eller mursten, udgravet jord) indsamlet på stedet. Disse tilgange til cirkulær økonomi kan kombineres med teknikker inden for økologisk teknik (genindførelse af regnorme, mycorrhiza, podning af mikroorganismer). Genopretning af frugtbar jord eller "technosoils" har været i fokus i flere nylige forskningsprogrammer og ser ud til at være en gennemførlig løsning til bymæssig renaturering i fremtiden. Renaturering skal også fokusere på at genoprette kontinuiteten mellem jordmiljøer, både vertikalt og horisontalt ("brun forbindelse").



FIGUR 2. Profiler af beplantet jord og jord, hvor der er sket arealinddragelse med øget urbanisering fra forstadsområder mod bycentre
©Christophe Ducommun, Jean-Pierre Rossignol og Laure Vidal-Beaudet (Beaudet & Rossignol, 2018)

"ÅBEN JORD": ET BEGREB, DER ER SVÆRT AT DEFINERE, MEN AFGØRENDE FOR RENATURERING

Flere og flere lokale myndigheder i Frankrig forsøger at inkludere flere jordrelaterede problemstillinger i deres planlægningsdokumenter og interesserer sig for at beskytte det, der kaldes "la pleine terre", som omtrent kan oversættes til "åben jord" eller "naturlig jord" ("planter en pleine terre" betyder at plante direkte i jorden og ikke i en potte eller beholder). Der findes ikke en universelt accepteret definition af begrebet åben jord, og der er heller ikke videnskabelig enighed om den præcise betydning. En undersøgelse udført af Paris Region Institute (*Cocquières et al., 2021*) kiggede på 25 lokale byudviklingsplaner og fremhævede, at der ikke var nogen definition på åben jord i 20% af dokumenterne. Hvor en sådan definition blev givet, brugte de lokale myndigheder forskellige kriterier til at definere, hvad åben jord betyder, såsom "[jordens] evne til at lukke vand ind, fraværet af konstruktioner på og under overfladen (selvom tilstedeværelsen af underjordiske vandforsyningsnetværk ikke nødvendigvis er diskvalificerende), eller dens evne til at fungere som medium for planter". Sådanne forsøg på at finde en definition afspejler, hvor svært det er at etablere en binær klassifikation på grund af den store variation i byjord. Derfor virker det mere passende at tale om en "åben jord-gradient", der henviser til flere kriterier, herunder overfladedække, vertikal kontinuitet og dybde, horisontal kontinuitet ("den brune

forbindelse"), fysisk, kemisk og biologisk jordkvalitet, komprimering og gennemtrængelighed.

Overfladebelægning (brolægning/befæstelse)

Man kan foretage en tydelig sondring mellem befæstet byjord og jord, der ikke er befæstet eller brolagt. Dette er dog ikke tilstrækkeligt til, at jorden kan betegnes som åben jord.

Vertikal kontinuitet og dybde

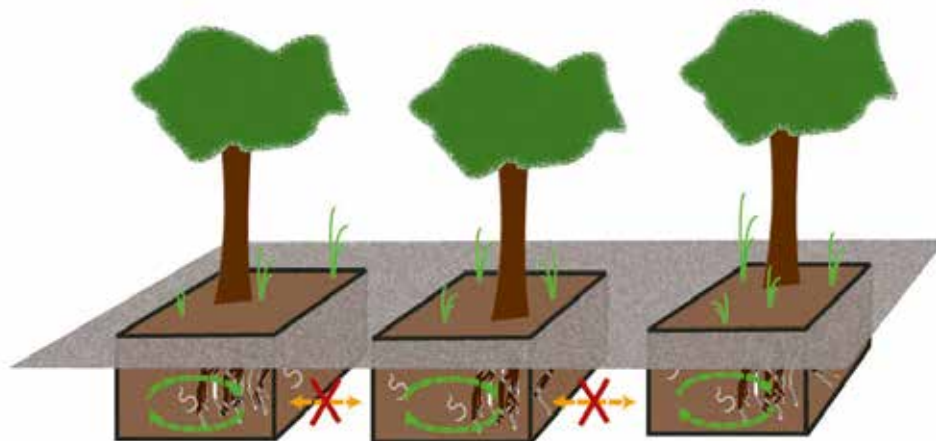
For pedologer (specialister i jordbundsøkologi) er det fristende at sidestille åbne arealer med naturlig jord, hvor der er kontinuitet mellem jordhorisonter¹ og grundvandspejlet eller den geologiske undergrund. Denne situation opstår dog næsten aldrig i tæt bebyggede byområder, hvor undergrunden er optaget af forsyningsnet, tunneller, underjordiske transportnet, kloakker, parkeringspladser, kældre osv.) Med en alt for streng definition risikerer man at udelukke forringet eller modificeret jord, der hurtigt kan genoprettes og kræver beskyttelse. Med en alt for løs definition (der f.eks. accepterer lav jorddybde) risikerer man at tilskynde entreprenører til at anlægge grønne områder på betontorve.

I visse områder i bymidten, som allerede er overfyldt med underjordiske netværk, og hvor der ikke længere er kontinuitet i den dybe jord, kan overfladisk jord dog tolereres (selvom det strengt taget ikke kan betegnes som "åben jord"). Det forudsætter dog, at man tager højde for den dybde og det volumen, der kræves for plantevækst, især for træer. Det er i første omgang nødvendigt at forstå træernes rodstrategier, som varierer fra art til art: pælerødder, laterale rødder og skrå rødder (*Atger and Edelin, 1994*). Denne tilgang, som vi kalder "delvis åben jord", skal være strengt begrænset til arealer, hvor det ikke længere er muligt at sikre kontinuitet i muldlaget og undergrunden. Den må under ingen omstændigheder tilskynde til skabelsen af pladebaserede byrum.



© Marc Barra

1. Pedologer i Frankrig har defineret over 70 typer af horisonter (kaldet "referencehorisonter"), som er listet i *Référenciel Pédologique* (Pédologie, R, 2008). Der skelnes generelt mellem: den organiske horisont (horisont O), som er resultatet af omdannelsen af planterester, der akkumuleres på jordoverfladen og bliver til organisk materiale; horisont A, som indeholder både organisk og ikke-organisk materiale og er resultatet af levende organismers aktivitet i jorden (orme og insekter); horisont B, der er beriget med en række organiske og ikke-organiske materialer (ler, jern, organisk materiale, calciumcarbonat osv.), som er resultatet af omdannelsen af primære mineraler fra grundfjeldet; horisont C er underlaget af forvitret grundfjeld; og horisont R eller M er grundfjeldet (R for hårde klipper (granit, sand, osv.)) som følge af omdannelsen af primære mineraler fra grundfjeldet; horisont C er underlaget af forvitret grundfjeld; og horisont R eller M er laget af grundfjeld (R for hård sten (granit, sandsten, kalksten) og M for løst materiale (sand, mergel osv.)).



FIGUR 3. Fragmentering af byjord © Romain Sordello (efter Chalot, 2016) [12].

Horisontal kontinuitet eller "brun forbindelse"

Den "brune forbindelse" er et koncept, der er baseret på modellen for den grønne og blå forbindelse, der anvendes på forbundetheden mellem jordarter. Pedologer taler om "laterale horisonter", der strækker sig fra en meter til en kilometer. Arter, der findes i jorden, er også nødt til at flytte sig fra et sted til et andet (Mathieu, 2015) for at fuldføre deres livscyklus, formere sig, undslippe lejlighedsvis ændringer i deres miljø, rekolonisere et område efter en episode med høj dødelighed osv. [12]. Disse arter kan være regnorme, løbebiller, springhaler, myrer eller muldvarpe. Forestillingen om en brun forbindelse er forbundet med forestillingen om åben jord, idet man sigter mod at reducere elementer, der forårsager jordfragmentering (betontanke, drænsystemer osv.). Ideen om den "brune forbindelse" henviser også til planternes behov for forankring og interaktioner mellem rodnet, der letter udvekslingen mellem dem (takket være støvtråde fra mycelium) eller med jordbårne organismer. I byerne betragtes visse områder, hvor jorden er fragmenteret, ikke længere som åben jord. Det gælder især steder, hvor der er plantet isolerede træer i individuelle bede, sammenlignet med områder, hvor rækker af træer står i tilgrænsende bede og deler den samme jordmasse. Volumen af sådanne bede i bymiljøer er sjældent mere end 4-9 kubikmeter, selvom det kan være op til 12 eller endda 24 kubikmeter, når de økonomiske ressourcer tillader det (Gouedard, 2014). Brug af brune forbindelser til at sikre jordens kontinuitet vil øge mængden af jord, der er tilgængelig for træer, og lette gennemtrængningen af regnvand.

Jordens fysiske, kemiske og biologiske kvalitet

En anden dimension vedrører jordens biologiske kvalitet i forhold til dens biodiversitetsniveau. Flere tusinde dyrearter og titusindvis eller endda hundredtusindvis af bakterie- og svampearter lever sammen i blot nogle få

kvadratmeter jord eller humus (rester, der nedbrydes på overfladen), alt sammen i en meget lav dybde (nogle gange mindre end en meter). I byområder kan flere indikatorer anvendes til at vurdere jordfaunaens tilstand og definere jordens økologiske kvalitet (se s. 82). Forringet jord af lav økologisk kvalitet, eller hvis horisonter er forringet, kan ikke desto mindre genoprettes og betegnes som "forringet åben jord".

Gennemtrængelighed

Den sidste dimension vedrører jordens gennemtrængelighed for regnvand: Åben jord skal tillade vand at sive ned til grundvandsspejlet (undtagen i særlige tilfælde som f.eks. naturligt mindre gennemtrængelig lerjord). Afhængigt af de komprimeringsbegrænsninger, som byjord kan være underlagt, kan dette kriterium gøre det muligt at skelne mellem åben jord, der har bevaret en tilfredsstillende gennemtrængelighed, og forringet åben jord, der kræver genopretningstiltag.

På vej mod en definition af en "åben jord-gradient"

Disse fem kriterier gør det muligt at skelne mellem flere forskellige grader af åben jord: åben jord i den strengeste forstand (naturlig byjord); forringet åben jord (komprimeret jord, jord med ødelagte horisonter, forurennet jord), der kræver genopretningsarbejde; delvis åben jord (tolerance for minimumsdybde i tætte byområder, hvor der allerede findes infrastruktur); og fravær af åben jord (områder, der er helt dækket af infrastruktur). Denne klassifikation er vejledende. Denne tilgang kræver indgående viden om jorden og brug af kartografiske værktøjer til at evaluere jordens tilstand i forhold til denne gradient. Det ville gøre, at jord ville spille en større rolle i planlægningsdokumenter, og lette jordbeskyttelse og renaturering ved hjælp af objektive kriterier.

	ÅBEN JORD	FORRINGET ÅBEN JORD	DELVIS ÅBEN JORD	FRAVÆR AF ÅBEN JORD
Vertikal kontinuitet	Tilvejebragt ned til grundfjeldet/ vandspejlet	Tilvejebragt, selvom horisonterne kan være blevet ændret	Minimumsdybde defineret i henhold til den dybde og volumen af jord, som træerne skal bruge	Ikke tilvejebragt
Gennemtrængelighed	Referencegennem- trængelighed i henhold til jordtype	Lav gennemtræn- gelighed, store komprimeringsbe- grænsninger	Gennemtrængelighed mulig, hvis overfladen ikke er komprimeret	Ingen gennemtrængelighed i jorden
Horisontal kontinuitet (brun forbindelse)	Tilvejebragt på hele stedet	Ikke nødvendigvis tilvejebragt	Ikke nødvendigvis tilvejebragt	Ikke tilvejebragt
Overfladebelægning	Ingen belægning	Ingen belægning	Ingen belægning	Uigennemtrængelig eller ennemtrængelig belægning
Teoretisk fysisk, kemisk og biologisk kvalitet	Høj (skal bekræftes ved analyse)	Lav til høj (skal bekræftes ved analyse)	Lav til høj (skal bekræftes ved analyse)	Nul
Type af planlægnings- relateret handling	Skal vedligeholdes og beskyttes	Skal genoprettes og beskyttes	Skal kun defineres i områder med underjordisk infrastruktur.	Overfladen er moden til renaturering

TABEL 2. Oversigt over typer af "åben jord".

BEHOVET FOR AT RENATURERE BEFÆSTET JORD

Den videnskabelige og tekniske litteratur om renaturering af befæstede områder er stadig meget uensartet. Fra 2016 til 2019 oplyste det europæiske program SOS4LIFE [14] europæiske initiativer til jordbeskyttelse og fjernelse af befæstelse [15] og kom med anbefalinger til evaluering og overvågning af jorden [16]. Flere initiativer er blevet implementeret i Europa, især inden for rammerne af kompenserende foranstaltninger (*Adobati et al, 2020*). Afhængigt af den pågældende lokale myndighed kan fjernelse af befæstelse muligvis kombineres med renatureringsprogrammer.

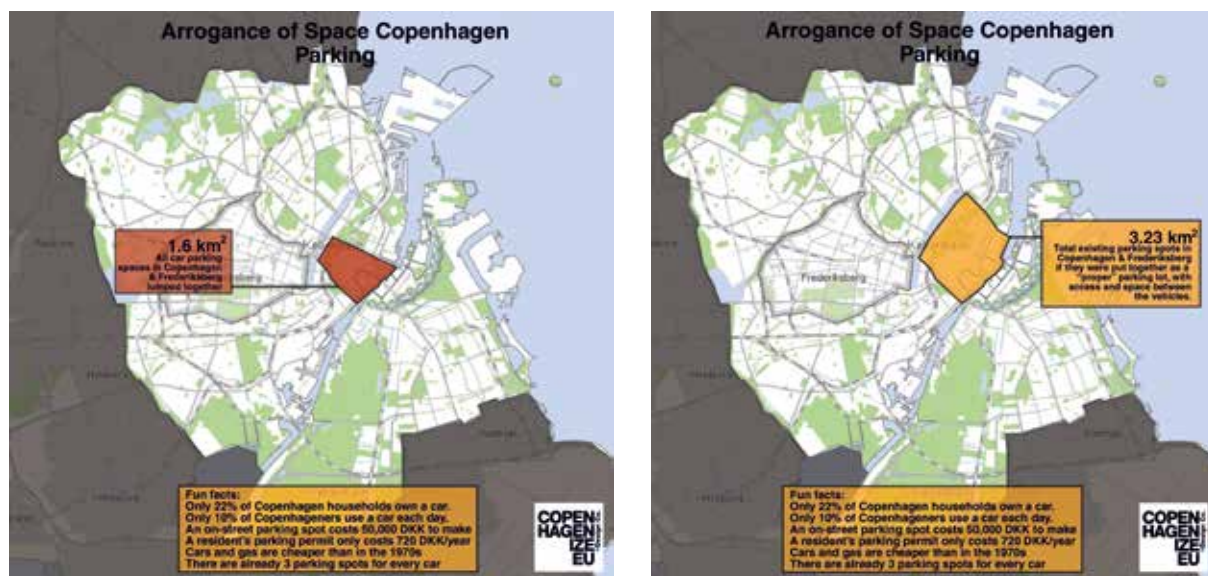
Belgien, Italien, Tyskland, Danmark, Frankrig: fjernelse af befæstelse/ renatureringsprojekter i stigning

Sådanne tilgange er også blevet anvendt i Vallonien i Belgien (2005), hvor man anvendte målet om net zero-arealinddragelse, der blev opstillet af EU i 2016. I 2021 igangsatte den vallonske regering en indkaldelse af pro-

jekter til oprettelse af byparker. 17 byer blev øremærket og vil dele et budget på 12,1 millioner euro til at skabe 45 hektar nye grønne områder efter fjernelse af befæstelse. I Flandern finansierede regeringen omkring tyve "eksperimentelle haver efter fjernelse af befæstelse" som en del af en indkaldelse af projekter i 2019. Finansieringen (5 millioner euro) blev afsat til fjernelse af beton, asfalt og visse bygninger samt landskabspleje af den frigjorte plads. Tyskland har også betydelig erfaring på dette område med flere projekter med fjernelse af befæstelse på regionalt niveau (Bade-Wurtemberg) og lokalt niveau (Stuttgart og Berlin). I 2000'erne, efter at Elben gik over sine bredder, definerede Dresdens byråd et planlægningsmål, som fastslår, at bebyggede jordstykker designet til boliger og veje ikke må udgøre mere end 40% af det samlede byareal. For at nå dette mål har kommunen oprettet en "jordkompensationskonto". Til gengæld skal nye projekter på ubebyggede jordstykker gennemføre foranstaltninger til fjernelse af befæstelse i ubrugte eller forladte områder. Denne offentlige politik har givet anledning til en række indgreb, herunder nedrivning, genopretning af floder, rehabilitering af forurenede ubenyttede grunde, ødelæggelse af landbrugs-



Vores byer er fulde af områder, der er blevet unødvendigt dækket af beton og asfalt, og hvor naturen kunne vende tilbage og blomstre. ©Marc Barra



FIGUR 4. Grafik, der viser, hvor meget plads der er afsat til bilerparkering i København ©Copenhagenize.com af Mikael Colville-Andersen

bygninger og fjernelse af asfalt fra cykelstier og gangstier i grønne korridorer og grønne områder. Siden 2010 er der i gennemsnit blevet fjernet befæstelse på omkring 4 hektar jord om året.

I byområder har eksperimenter med renaturering af befæstet jord ofte fundet sted inden for rammerne af rehabiliteringsprojekter for brownfield-områder (Atkinson et al, 2014). Regionen Emilia-Romagna i Italien indførte begrebet "afstikkende bygninger" i 2002, hvilket gav byrådene mulighed for at fjerne disse "miljøforringere", der har en negativ indvirkning på økologien og landskabet (Stanghellini, 2010). Andre italienske regioner har siden taget lignende skridt, men med forskellige mål. I Ligurien har man f.eks. gjort det muligt at rive bygninger ned for at mindske risikoen for oversvømmelser og undgå menneskelige aktiviteter i nærheden af floder.

I Berlin har den lokale regering udrullet en strategi for at identificere steder, hvor befæstelsen kan fjernes, som en del af det føderale Zero Net Land Take-program. Denne strategi, med titlen Potential for the Removal of Impervious Soil Coverage 2020, svarer til Net Zero Land Take-programmet, der er rullet ud i Frankrig, og kompenserer for nye arealinddragelser ved at renaturere befæstede områder. Det er en del af et jordkvalitetsatlas, der er udviklet som et beslutningsværktøj til byens planlæggere [17]. En undersøgelse foretaget blandt kommunens medarbejdere og skovvæsenet i Berlin har gjort det muligt at oprette en database, der identificerer zoner, hvor befæstelse potentielt kan fjernes. Undersøgelsen gik videre ved at klassificere hvert sted efter gennemførligheden og prioriteringen af renatureringsinitiativer. I 2020 havde 31 af de 179 identificerede steder allerede fået fjernet al befæstelse, og 14 havde fået fjernet noget af befæstelsen.

I Danmark har en cykelforening anslået, hvor meget plads parkeringspladser og parkeringsanlæg optager i København (figur 4). Hvis de blev placeret side om side ville parkeringspladserne optage et areal på 1,6 kvadratkilome-

ter. Hvis de blev omdannet til en enkelt parkeringsplads med plads mellem bilerne, ville den dække 3,23 kvadratkilometer. Dette arbejde viser mængden af tilgængelige befæstede områder i byer og behovet for værktøjer til at karakterisere dem.

I Frankrig har flere nylige projekter fokuseret på potentialet ved fjernelse af befæstelse og/eller renaturering med komplementære tilgange. I 2019 hjalp Cerema Communauté d'Agglomération du Grand Narbonne med at udarbejde en metode til beregning af områder, hvor befæstelsen kan fjernes [18]. I Paris-regionen i 2021 gav DRIEAT Cerema Ile-de-France til opgave at udvikle en metode til at identificere renatureringspotentialet i Paris' byområde og hjælpe med at etablere en operationel strategi for resiliens og tilpasning til klimaforandringer [19]. ADEME leder også forskningsprojektet DésiVille med henblik på at skabe et værktøj til at lette fjernelsen af befæstelse og et katalog over løsninger, der kan anvendes i byområder.

Sideløbende med disse programmer opstår der mange initiativer på lokalt plan inden for rammerne af indkaldelser af projekter eller lokale rådsinitiativer (beplantningstilladelser, borgerstyrede budgetter, ad hoc-renatureringsoperationer). Initiativerne antager forskellige former: Nogle fokuserer kun på fjernelse af befæstelse inden for rammerne af regnvands-håndteringsstrategier, mens andre kombinerer fjernelse af befæstelse med renaturering. I Rennes er AUDIAR i gang med et projekt, der har til formål at udarbejde et kort over områder, hvor befæstelsen kan fjernes, i forbindelse med DEPAVE-bevægelsen, der er startet i USA og Canada (se s. 101). I Strasbourg er der inden for rammerne af "Strasbourg ça pousse"-programmet afsat betydelige midler udelukkende til fjernelse af hård overflade fra offentlige områder (se s. 102). For nylig oprettede départementet Loire-Atlantique et støtteprogram for projekter med fjernelse af befæstelse og renaturering, som udelukker strukturer over jorden [20].



IDENTIFICERING AF OMRÅDER MED HØJT RENATURERINGS- POTENTIALE

METODE

Den metode, der er udviklet i denne vejledning, fokuserer på områder, hvor befæstelsen er fjernet, og hvor renaturering vil forbedre en regions økologiske forudsætninger. Det kan være overdimensionerede parkeringspladser, skolegårde, gårde til bygninger, betonflodbredder, resterende offentlige rum, der er blevet unødvendigt asfalteret, og som forbliver ubrugte, industriområder, erhvervsparker, indkøbscentre osv. De lokale myndigheder skal først identificere deres potentiale.

Tre centrale udfordringer gør det muligt at lokalisere disse byområder:

- Genopretning af biodiversiteten i målområder, hvor der er mangel på biodiversitet ved at undersøge størrelsen af grønne områder, procentdelen af plantedække og tilstedeværelsen af sjældne levesteder.
- Tilpasning til klimaforandringer i målområder, der er udsat for klimarisiko: flodoversvømmelser, afstrømning og urbane varmeøer.
- Forbedring af sundhed og levemiljø i målområder, der er sårbare på grund af mangel på grønne områder, luftforurening og sundhedsproblemer relateret til varmeøer i byerne.

For at udføre denne analyse blev Paris-regionen opdelt i celler på 125 m x 125 m (cellestørrelse kompatibel med data og undersøgelser fra Paris Region Institute). For hver udfordring (biodiversitet, klimaforandringer og sundhed) blev der udvalgt kriterier baseret på råd fra eksperter og tilgængelige data om regionen.

Hver celledens tilstand analyseres og omdannes til en score. For eksempel får en celle, der er mere eller mindre udsat for luftforurening, en score, der afspejler dette. Hvert kriterium tildeles således en score, og derefter gives der en samlet score til hver udfordring. Tildelingen af overordnede scorere svarer til summen af individuelle scorere for kriterier, og kriterierne er ikke vægtet på nogen måde. De tærskler, der gør det muligt at tildele scorere, er baseret på undersøgelser og bibliografiske oversigter samt interviews med eksperter. Resultaterne er opsummeret på side 32, 50 og 63.

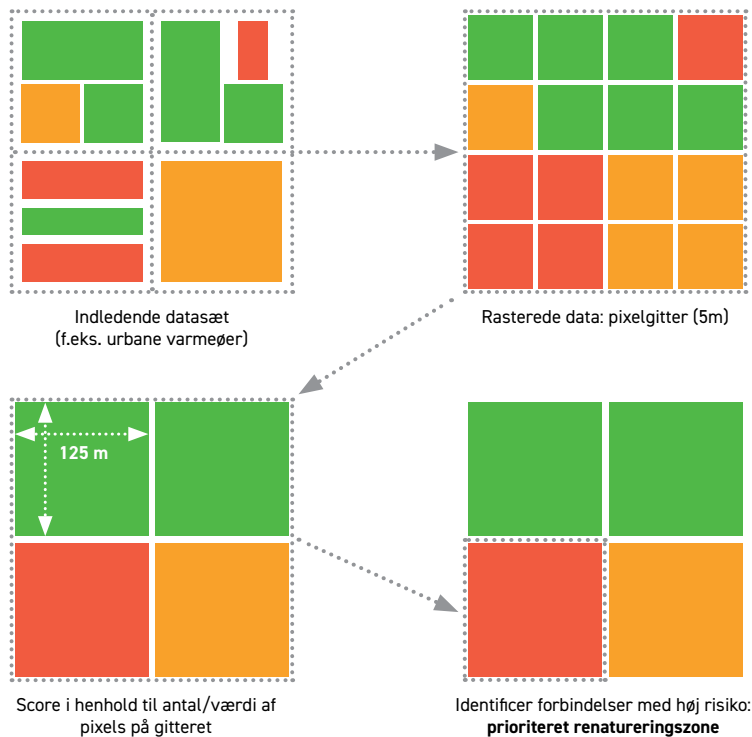
Når de forskellige kriterier er blevet analyseret, og den samlede score er blevet tildelt, identificeres de celler, hvor udfordringen er størst. Disse vælges ud fra deres score (en lav score afspejler en stor udfordring) og ud fra, hvor mange der er af dem (for mange celler kan fremhæve et helt område og forhindre prioritering). Dette første skridt gør det muligt at identificere sektorer, hvor potentialet for renaturering er stort, men det udpeger ikke befæstede steder, der kunne renatureres. For at gøre dette blev steder, hvor befæstelse potentielt kan fjernes, eller som potentielt kan renatureres (skolegårde, parkeringspladser, ubenyttede grunde, offentlige pladser osv.), opført baseret på retningslinjerne for klassificering af arealanvendelse i *Mode d'Occupation du Sol* (MOS) udgivet af Paris Region Institute (se s. 27).

Paris-regionen (Île-de-France) er et område, der ligger i den nordlige centrale del af Frankrig. Den omfatter byen Paris og 1.275 kommuner omkring hovedstaden. Paris-regionen er det mest befolkede område i Frankrig (12 millioner indbyggere, 20% af den franske befolkning koncentreret i kun 2% af landet: 1.022 indbyggere pr. kvadratkilometer). 23% af regionen er dækket af byområder (herunder 16% helt befæstet). Yderområderne er stadig overvejende landlige med landbrugslandskaber (51% - primært intensive åbne marker) og skove (24%).



TRIN 1

ANALYSE AF REGIONALE RENATURERINGSUDFORDRINGER



TRIN 2

IDENTIFICERE STEDER, HVOR BEFÆSTELSE ER FJERNET, OG SOM HAR RENATURERINGSPOTENTIALE I HENHOLD TIL EN FORUDDEFINERET TYPOLOGI



Fortove med rækker af træer adskilt af asfalt/brolægning



Ubenyttet parkering



Sportspladser af beton



Nedlagte veje

FIGUR 5. Metode til rumlig analyse

TYOLOGI OVER BEFÆSTEDE OMRÅDER POTENTIelt EGNET TIL RENATURERING

En typologi over befæstede områder, der skal lokaliseres

Den typologi, der anvendes her er baseret på retningslinjerne for klassificering af arealanvendelse fra Paris Region Institute. Typologien identificerer byområder, der indeholder befæstede overflader, som nemt kan renatureres uden at det kræver nedrivning af eksisterende bygninger.

Listen er baseret på tilgængelige data og er ikke udtømmende: for eksempel kan små områder som f.eks. pladsen ved foden af en mur eller pladsen mellem to træer plantet i bede ikke lokaliseres ved hjælp af denne metode. Ikke desto mindre er den rettet mod både små og store områder, hvilket gør det muligt at arbejde på en regional eller subregional skala.

TABEL 3. Typologi af potentielt renaturerbare befæstede områder baseret på Paris Region Institutes retningslinjer for klassificering af arealanvendelse

TYOLOGI: DETALJERINGSGRAD 1	TYOLOGI: DETALJERINGSGRAD 2	TYOLOGI: DETALJERINGSGRAD 3	
ÅBNE OMRÅDER, HVOR DER ER SKET AREALIND- DRAGELSE	Offentlige pladser	Offentlige pladser (fortov, asfalteret sti, torv)	
	Grønne byrum	Parker eller haver (tilhørende parkeringspladser, veje, asfalterede stier)	
	Åbne områder beregnet til sport	Udendørs sportspladser (tilhørende parkeringspladser, ubrugte sportspladser, områder omkring sportspladser, der er i brug)	
		Store sportsfaciliteter: golfbaner, væddeløbsbaner (tilhørende parkeringspladser, betonplader)	
	Kirkegårde	Kirkegårde (betonplader, asfalterede stier, tilhørende parkeringspladser)	
	Tomme jordstykker/ ubenyttet jord	Brownfield-områder (betonplader, nedlagte bygninger)	
		Nedlagte faciliteter: stationer, lufthavne, fabrikker (betonplader, nedlagte bygninger)	

BOLIGER	Kollektive boliger	Beboelsesbygninger (indre gårde, betonplader, ubrugte parkeringspladser, fortove)	
	Andet	Fængsler (gårde, områder omkring sportspladser, parkeringspladser)	
VEJE	Tilknyttede strukturer	Rundkørsler	
		Cul-de-sacs	
		Midterrabbatter	
	Veje	Ubrugte eller underudnyttede veje og stier	
	Nedlagte veje	Nedlagte veje, vejkanter, betonvejbaner.	
	Fortove	Fortov > 1,40 m	
		Fortov med række af træer	

TRANSPORT	Veje	Veje med en bredde på over 25 meter (motorveje i byer, nedlagte veje)	
	Parkeringspladser	Parkeringspladser i terrænhøjde (cirkulationsområder, områder, der adskiller parkeringspladser, parkeringspladser)	
	Stationer	Stationer (parkeringsplads, torv)	
		Sporkanter	
	Jernbaner	Nedlagte spor	
FACILITETER	Skoler og gymnasier	Grundskoler (legepladser, kanter af sportspladser)	
		Gymnasier (legepladser, kanter af sportspladser)	
		Videregående uddannelse (kanter af sportspladser)	
	Hospitaler og klinikker	Hospitaler, klinikker (parkeringspladser, betonplader, pladser)	
	Offentlige faciliteter	Rådhus (pladser, parkeringspladser)	
		Konference- og udstillingscentre (betonplader, parkeringspladser)	
		Kultur-/fritidslokaliteter: museer, slotte osv. (parkeringspladser)	

AKTIVITETER	Økonomisk og industriel	Store industrianlæg (forfaldne områder, parkeringspladser, fortove)	
		Erhvervspark (forfaldne områder, parkeringspladser, fortove)	
	Indkøb	Indkøbscentre (parkeringspladser, fortove, pladser)	
VANDLØB	Dækkede floder	Dækkede floder	
	Floder	Flodbredder	
		Asfalterede stier	
	Kanaler	Banker	
		Kunstige flodlejer	
		Asfalterede stier	

Offentlige pladser ©Camille Gosselin/ L'Institut Paris Region. Grønne byrum ©Vincent Gollain/ L'Institut Paris Region. Åbne områder afsat til sport ©Pierre-Yves Brunaud/L'Institut Paris Region. Kollektive boliger og andre boliger, veje ©Barnabé Duplan-Ival / L'Institut Paris Region. Stationer ©Frédéric Larose/ L'Institut Paris Region. Jernbaner ©Paul Lecroart / Institut Paris Region. Skoler ©Jean-Claude Pattacini/ Urba Images/L'Institut Paris Region. Sundhedsfaciliteter ©Anca Duguet/ L'Institut Paris Region. Offentlige bygninger ©Corinne Legenne/ L'Institut Paris Region. Butikker ©Pierre-Yves Brunaud/L'Institut Paris Region. Floder ©Elisabeth Bordes-Pages/ L'Institut Paris Region. Kanaler (kunstige vandveje) ©Vincent Gollain/ L'Institut Paris Region. Kirkegårde, ubenyttede grunde, tilhørende strukturer, veje, nedlagte veje, fortove, forladte parkeringspladser og industri-/forretningsområder ©ARB îdF.

RENATURERING FOR AT GENOPRETTE BIODIVERSITETEN

Selvom bymiljøer i Paris-regionen udgør mindre end en fjerdedel (23%) af det samlede areal, er deres tæthed meget større end i andre regioner (1.022 indbyggere pr. kvadratkilometer). Siden 2000'erne er biodiversiteten faldet drastisk i byerne. I Paris-regionen er antallet af sommerfugle faldet med 33%, og antallet af fugle er faldet med 20% i byområder (*Muratet et al, 2016*). Ud over arternes tilbagegang har bymiljøet også været vidne til en homogeniseringsproces, der favoriserer generalistarter (f.eks. skovduer og skader) på bekostning af specialistarter (f.eks. svaler og mursejlere). Bestanden af disse specialiserede fugle, der har tilpasset sig bygninger, faldt med 41% mellem 2004 og 2017 (*Muratet et al, 2016*).

For at identificere de byområder, der skal renatureres for at genoprette biodiversiteten, er det vigtigt først at lokalisere de zoner, hvor biodiversiteten er lavest, og hvor renaturering vil give store økologiske gevinster. Vores metode bygger på flere kriterier fra den videnskabelige litteratur og er især inspireret af *Making Nature's City* (*Spotswood et al, 2019*). I overensstemmelse med de tilgængelige data for Paris-regionen blev der valgt 3 kriterier: beplantede overflader, procentdel af plantedække og tilstedeværelsen af sjældne levesteder.

ØKOLOGISKE NETVÆRK OG FORBUNDETHED

Økologisk forbundethed er en nøgelfaktor i opretholdelsen og bevarelsen af biodiversitet i bymiljøer (*Shanahan et al, 2011*). Det gør det muligt for arter at bevæge sig fra sted til sted (hvilket er afgørende for overlevelse og reproduktion), øger den genetiske sammenblanding mellem populationer og sikrer økosystemernes tilpasning og modstandsdygtighed.

Da der ikke findes præcise data på regional skala, har det ikke været muligt at inkludere dette kriterium i metoden. De lokale myndigheder kan dog finjustere metoden ved at indarbejde deres egne data om økologisk kontinuitet i deres områder.

Foreningen Environment92 har udarbejdet et kort over vegetationen i byområder baseret på luftfotos med meget høj opløsning taget i *departementet* Hauts-de-Seine. For at vise områder med økologisk kontinuitet blev der brugt grafteori som et værktøj til at vurdere den urbane biodiversitet i det undersøgte område. Forbundetheden mellem økologiske netværk blev undersøgt med udgangspunkt i 4 arter (pindsvin, *Myotis bechsteinii* (en flagermusart), musvit og græsrandøje). Dette arbejde giver et mere detaljeret overblik over byområder, der skal renatureres med henblik på at forbedre forbundetheden mellem økologiske netværk. Det kunne indarbejdes i metoden for en mere præcis tilgang til områder, der er øremærket til renaturering for at fremme biodiversiteten.

KRITERIER FOR LOKALISERING AF PRIORITEREDE OMRÅDER

Sammenhængende beplantede områder

Størrelsen af beplantede områder er en af de vigtigste faktorer, der bestemmer biodiversiteten i bymiljøer. Jo større et levested², et smålevested³ eller et biodiversitetsreservoir er, jo mere sandsynligt er det, at det er hjemsted for en bred vifte af arter (*Strohbach et al, 2013*). I en undersøgelse af 75 byer har forskere vist, at for at

understøtte biodiversitet, der er tilpasset bymiljøet, er minimumsstørrelsen på et levested 4,4 ha. Når det gælder mere følsomme arter, der normalt holder sig væk fra byerne (såkaldte "urban avoiders"), stiger denne til 53,3 ha (*Beninde, 2015*). På baggrund af disse oplysninger er følgende typer af områder blevet identificeret i bymiljøer:

- Mikrolevesteder: beplantede områder mindre end 4,4 ha;
- Smålevesteder: beplantede områder på 4,4 - 53,3 ha;
- "Områder af særlig regional interesse" [*réservoirs d'intérêt régional*]: beplantede områder større end 53,3 ha.

For dette kriterium blev scoren anvendt på følgende måde: tilstedeværelsen af en mikrolevested i en celle giver den en score på 1, et smålevested giver den en score på 2, og et område af særlig regional interesse giver den 3 point. Hvis der slet ikke er grønne områder, scorer den 0. Hvis der er to grønne områder af forskellig størrelse i den samme celle, tages kun det mest lovende i betragtning.

-
2. Inden for økologi er et levested et sæt af karakteristika og naturressourcer, som udgør et miljø, der gør det muligt for en artspopulation at leve og formere sig der. Et enkelt levested kan opfylde flere forskellige arters behov. Forskellige indbyrdes forbundne levesteder danner et økosystem, der gør det muligt for mange arter at trives og bevæge sig rundt.
 3. Inden for økologi er et smålevested et relativt ensartet område, der adskiller sig fra omgivelserne. Parker og græsarealer i et bebygget område kan betragtes som smålevesteder.

KRITERIER	TÆRSKLER	SCORE	KILDE
Overfladeareal	Fraværende	0	<i>Vega & Küffer, 2021; Spotswood et al, 2019; Beninde et al, 2015</i>
	Overfladeareal ≤ 4,4 ha	1	
	4,4 ha < overfladeareal < 53,3 ha	2	
	Overfladeareal ≥ 53,3 ha	3	
Plantedække (%)	Plantedække < 25%	0	<i>Threlfall et al, 2017; Szulcowska et al, 2014</i>
	25% ≤ Plantedække < 45%	1	
	Plantedække ≥ 45%	2	
Sjældne levesteder	Ingen	0	<i>Spotswood et al, 2019; Stagoll et al, 2012; Le Roux et al, 2015</i> <i>Spotswood et al, 2019; Ramsar Convention on Wetlands, 2018; Oertli and Parris, 2019; Alikhani et al, 2021</i>
	Bemærkelsesværdige træer	1	
	Damme	1	
	Vådområder	2	

TABEL 4. Kriterier, tærskler og bibliografiske ressourcer, der bruges til at identificere områder med lav biodiversitet.



FIGUR 6. Illustration af sammenhængen mellem størrelse af levested og specifik diversitet

OG ENDNU VIDERE

Selvom de ikke er med i analysen, bidrager private haver til den grønne forbindelse (Riboulot-Chetrit, 2015) og kan fungere som refugier og mellemstationer for mange arter, især hvis de er økologisk forvaltede (Goddard et al, 2010). Ved at tilføje disse data samt et

økologisk kvalitetsindeks for grønne byrum (baseret på artsdiversitet, plantelag, forvaltningsmetoder osv.) vil det være muligt at finjustere den økologiske analyse af et område.

Plantedække i den urbane matrix⁴

Flere undersøgelser har fremhævet betydningen af plantedække og dets positive effekt på antallet af arter i byområder (Aronson et al, 2014). Mens bymiljøer består af bebyggede områder med kun lidt grønt, har de også mange beplantede områder (trærækker, hække, haver, ubenyttede grunde, flodbredder, kirkegårde osv.), der kan

være levesteder for mange arter. Man kan se på disse områder ved at analysere satellitbilleder, der viser det areal, der er dækket af planter. Det er generelt accepteret, at jo mere veludviklet plantedækket er i et bestemt område, jo bedre vil området være i stand til at huse biodiversitet (Threlfall et al, 2017).

Vanskeligheden ligger i at definere en tærskel, over hvilken plantedækket begynder at skabe optimale betingelser for biodiversitet. I en polsk undersøgelse (Szulcowska et al, 2014) foreslår forskerne, at mindst 45% af arealerne

4. Den urbane matrix betragtes her som den række af elementer, der udgør det urbane landskab (bygninger, veje osv.), inden for hvilket der kan findes grønne smålevesteder, der egner sig til biodiversitet. Landskabsøkologer taler også om landskabets økologiske matrix, som er det dominerende træk i landskabet, der er karakteriseret ved en mere eller mindre ensartet udnyttelse af jorden (skovmatrix, matrix af levende hegn, markmatrix osv.), og hvor der kan ses smålevesteder.

skal være dækket af vegetation (RBVA-indeks⁵) for at sikre miljømæssig stabilitet i lokalområdet. Under hensyntagen til denne hypotese blev der valgt 3 tærskler til vores undersøgelse: en score på 0 for celler, hvor plantedækket er mindre end 25% af det samlede areal; en score på 1 for plantedække på 25% til mindre end 45%, og en score på 2 for områder, der har 45% plantedække eller mere.

Levesteder, der er sjældne i bymiljøer

Nogle levesteder, der kan rumme en høj grad af biologisk diversitet eller specialiserede arter, findes sjældent i byområder: for eksempel er vådområder eller gamle træer økologiske nicher, hvor mange arter kan trives. Vådområder (herunder damme, søer, vandløb, floder og sumpområder) spiller en afgørende rolle med hensyn til de økologiske tjenester, de leverer, og også som levesteder for mange forskellige arter (*Stagoll et al, 2012; Hill et al, 2017*). Vådområder (herunder damme, søer, vandløb/floder og sumpområder) spiller en vigtig rolle, ikke kun med hensyn til deres økologiske funktioner, men også med hensyn til kvaliteten af deres levesteder (padder, guldsmede, fugle) (Ramsar Convention on wetlands, 2018; IPBES, 2019). I byområder fungerer disse levesteder også som refugium for mere specialiserede og endda sjældne arter (*Oertli et Parris, 2019; Alikhani et al, 2021*).

Store gamle træer spiller også en vigtig rolle i bevarelsen af biodiversiteten i bymiljøer (*Stagoll et al, 2012*): De huser

flere arter end mindre træer og tilbyder mere forskelligartede levesteder på grund af deres alder (huller, dødt ved osv.). De er nogle gange de eneste levesteder for meget specialiserede arter som saproxylliske insekter. Som reaktion på tilbagegangen af gamle træer i byerne anbefaler en australsk undersøgelse at bevare gamle eksemplarer som en prioritet og beskytte dem 40% længere end den nuværende tolererede levetid (*Le Roux et al, 2014*). I bymiljøer er levetiden for et træ generelt 40-60 år (*Peyrat, 2014*).

Fraværet af sådanne "sjældne" levesteder i et område kan afspejle en mangel på biodiversitet, som kan afhjælpes via en renatureringsstrategi. Metoden analyserer tilstedeværelsen eller fraværet af 3 typer levesteder: bemærkelsesværdige træer⁶, damme og andre vådområder (kystnære sumpe, tørvemoser, søer, fugtige enge og sumpede skovområder, naturlige/semi-naturlige flodbredder). En score på 1 gives til celler med et eller flere bemærkelsesværdige træer; en score på 1 til arealer med mindst én dam; en score på 2 til celler, hvor der er et andet vådområde. En enkelt celle kan akkumulere flere scorere. Byer kan rumme andre levesteder af høj økologisk værdi, der kan kaldes "sjældne", såsom damme, vådområder og gamle træer. De omfatter også tørre græsarealer, heder, enge, pionerzoner osv. Hvis der findes rumlige data på subregionalt niveau, f.eks. fra opgørelser over lokal biodiversitet, kan de føjes til metoden og bruges til at finjustere analysen.

5. Undersøgelsen bruger RBVA eller Ratio of Biologically Vital Areas, som betyder procentdelen af områder, der er dækket af vegetation i et kvarter. Forskellige niveauer af RBVA blev sammenlignet på baggrund af artsopgørelser og beregninger af klimarelaterede parametre.

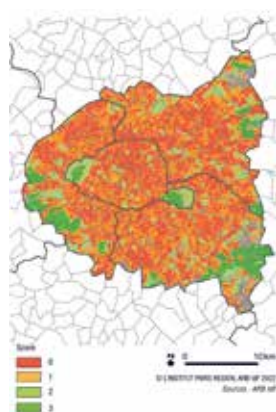
6. Bemærkelsesværdige træer er træer, der er blevet identificeret på grund af deres enestående særpræg (skønhed, alder og/eller størrelse). Selvom gamle træer ikke altid betegnes som "bemærkelsesværdige", har de fleste af dem et stort potentiale for biodiversitet. De data, der bruges her, kommer fra bemærkelsesværdige træer i Paris-regionen. Data på subregionalt niveau ville give denne undersøgelse en ekstra detaljeringsgrad.



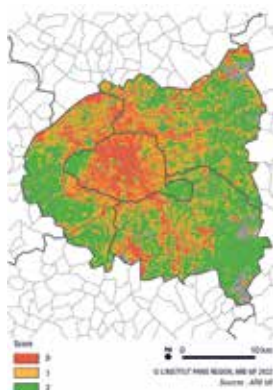
HVOR SKAL RENATURERINGEN FINDE STED FOR AT GENOPRETTE BIODIVERSITETEN?

I overensstemmelse med den metode, der er beskrevet på side 25, blev celler med lav score (mellem 0 og 1) defineret som prioriterede renatureringszoner. En rumlig analyse

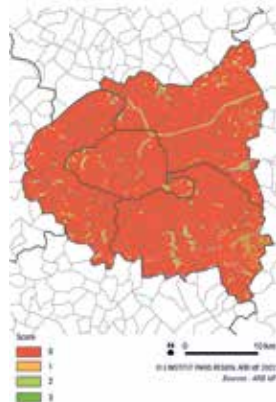
viser, at byzonerne med mindst biodiversitet ligger i Paris. Når det gælder de indre forstæder, ligger de mindst gunstige zoner generelt tæt på Paris og svarer dermed til arealer, der er under pres fra urbanisering og fortætning, som har påvirket biodiversiteten negativt.



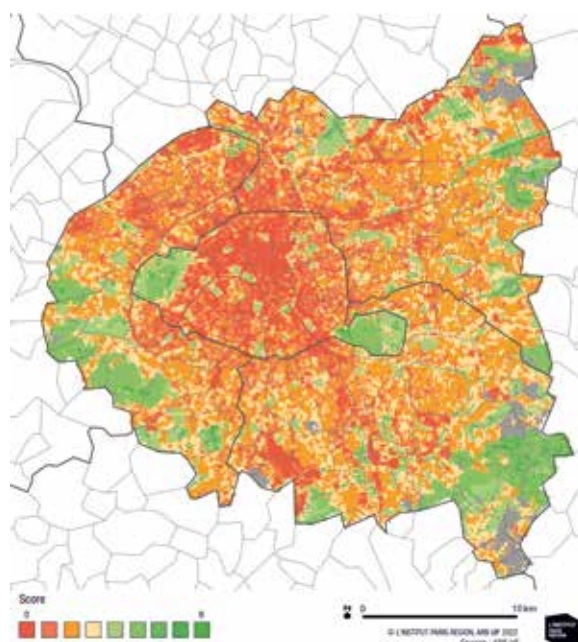
Overfladeareal af beplantede områder



Plantedække



Sjældne levesteder



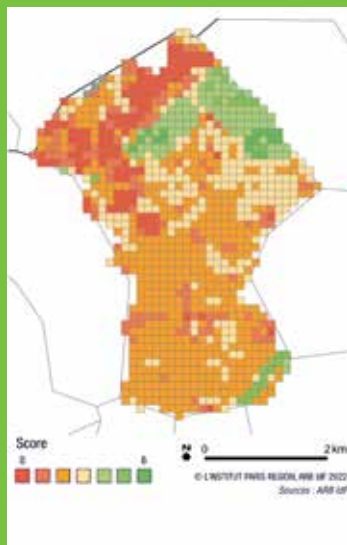
Overordnet kort, der viser
udfordringen "Genopretning
af biodiversitet"

FIGUR 8. Kartografiske resultater af undersøgelsen af biodiversitetskriterier og overordnet kort over biodiversitetsmæssige mangler svarende til summen af scorer (til højre). Resultaterne her vedrører kun Paris og de indre forstæder.

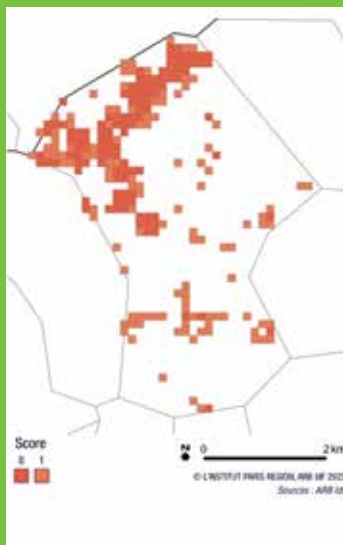
EKSEMPEL PÅ ANVENDELSE I AULNAY-SOUS-BOIS

Aulnay-sous-Bois er en by i *departementet* Seine-Saint-Denis i de nordøstlige forstæder til Paris. Analysen (figur 9) viser i alt 264 celler, der i høj grad mangler biodiversitet (score 0 eller 1). Hvad resten af området angår, viser 144 celler en god overordnet kvalitet med

hensyn til biodiversitet (score 6, 7 eller 8). Disse svarer til Parc du Sausset og Parc Robert-Ballanger (parker i den nordøstlige og nordvestlige del af området) og bredden af Canal de l'Ourcq (sydvest). 747 celler scorer 4 eller 5, hvilket ikke kan tolkes som et udtryk for høj kvalitet, men heller ikke gør disse områder til højrisikoområder.



Overordnet analyse af udfordringen med at genoprette biodiversiteten



Identificering af prioriterede renatureringszoner



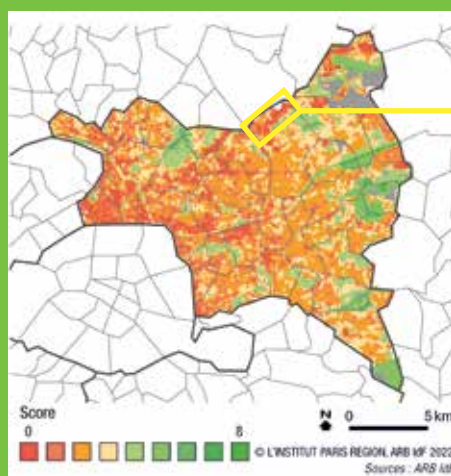
Lokalisering af steder, hvor befæstelse potentielt kan fjernes med efterfølgende renaturering

FIGUR 9. Identification des sites désimperméabilisables dans les secteurs à fort enjeu de renaturation pour la biodiversité sur la commune d'Aulnay-sous-Bois (93).

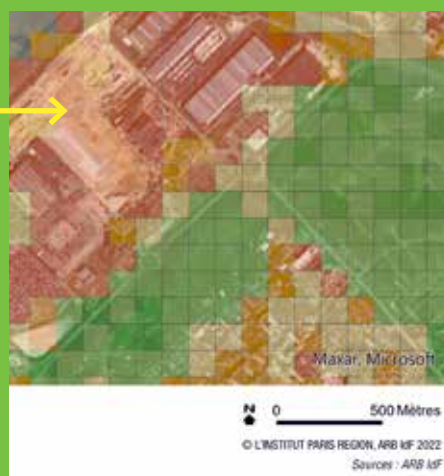
EKSEMPEL PÅ FORTOLKNING I DEN NORDLIGE SEKTOR

Renatureringsbehovet er hovedsageligt koncentreret i den nordøstlige del af området, som svarer til en kraftigt befæstet industrizone. Med hensyn til biodiver-

sitet har denne zone et særligt stort potentiale, da den støder op til Parc du Sausset (i den nordøstlige del af området), som er bemærkelsesværdig for sin biodiversitet, har fået tildelt Natura 2000-mærket og er blevet identificeret som et biodiversitetsreservoir i SRCE (regional økologisk plan).



FIGUR 10. Kort over områder med manglende biodiversitet og eksempel på fortolkning for den nordlige del af Aulnay-sous-Bois.



FEEDBACK OG ANBEFALINGER

Ethvert renatureringsinitiativ, uanset dets placering, kan bidrage til at forbedre biodiversiteten. Fordelene kan dog være mere eller mindre omfattende alt efter projektets placering. Det er derfor nødvendigt at kontekstualisere renatureringsinitiativer og ikke komme med generelle antagelser baseret på genopretningen af en enkelt type levested. Hvad der kan være gavnligt på ét sted, kan vise sig at være ineffektivt og uhensigtsmæssigt et andet sted. Med hensyn til de kriterier, der er valgt for denne tilgang, kan der gives flere typer af anbefalinger, især:

- Udvidelse af et biodiversitetsreservoir, et smålevested eller et område af økologisk interesse, hvis størrelse anses for at være utilstrækkelig.
- Genetablering af forbindelser mellem eksisterende smålevesteder og reservoirer for biodiversitet.
- (Gen)skabelse af et levested eller en økologisk niche for skrøbelige arter i bymiljøer eller en gruppe af målarter.
- Facilitering af den frie udvikling eller genopretning af en brownfield-dynamik.

Renaturering for at skabe og/eller øge størrelsen af levesteder

Fokus på at udvide eksisterende beplantede arealer kan bidrage til at udvide naturområder i bymiljøer i forhold til de tærskler, der er beskrevet på s. 32. De arealer, hvor der skal fjernes befæstelse, vil være mindre, og det nyligt renaturerede areal vil direkte gavne arter, der allerede findes i parken eller det beplantede areal, der er blevet ud-

videt. Da der er et eksisterende naturområde i nærheden, vil chancerne for rekolonisering være større, og området vil være bedre egnet til såkaldt "passiv" renaturering. Udvidelse af et eksisterende naturområde kan også være rettet mod bevarelse af en bestemt gruppe arter, baseret på viden om deres økologiske niche (se appendiks 1).

CASE 1

REHABILITERING AF KODAK-FABRIKKEN (ÎLE-DE-FRANCE)

I korte træk: rehabilitering af et brownfield-område for at gøre det til et område med høj økologisk værdi.

Siden nedrivningen og dekontamineringen af Kodak-fabrikken i Sevrans blev afsluttet, har det 13 hektar store område ligget urørt hen, og en række arter har derfor kunnet genindtage det som deres hjem. I 2015 besluttede byrådet på baggrund af resultaterne af opgørelser fra naturforskere at bevare Kodak-brownfield-området uden yderligere indgreb: dets forskellige miljøer kombineret med dets størrelse og placering gør det til et refugium for biodiversitet i byen og giver mulighed for at styrke den økologiske kontinuitet i et stærkt urbaniseret område. I 2017 vedtog CDC Biodiversité og byrådet i Sevrans en plan for forvaltningen af området inden for rammerne af programmet Nature 2050 [21].



Det tidligere Kodak-industriområde blev revet ned og erstattet af en park med en bred vifte af levesteder ©CDC Biodiversity



VIGTIGE KONKLUSIONER

- Biodiversiteten er rigere i brownfield-områder end i forvaltede parker og haver, fordi den kan udvikle sig frit.
- Brownfield-områder kan fungere som netværk og udvekslingssteder for frø og arter. Steder, der er større end 2.500 m², kan fremme udveksling af arter mellem stederne, reducere risikoen for, at plantepopulationer uddør, og levere frø, der kan kolonisere andre steder. (Muratet et al, 2007)

Dette dokument opstiller mål for at bevare eksisterende levesteder og anbefaler at tillade spontan udvikling i nogle områder. Blandt andet anbefales det at fortsætte med den økologiske genopretning af flere vådområder, at lade nogle græsarealer komme sig spontant, at lade 3 hektar skov udvikle sig frit og at etablere videnskabelige overvågningsprogrammer for at vurdere indvirkningen og relevansen af hver forvaltningstilgang.

CASE 2

RENATURERING AF BROWNFIELD-OMRÅDER (HAUTS-DE-FRANCE)

I korte træk: Renaturering af brownfield-områder med en naturalistisk tilgang med det resultat, at en af grundene klassificeres som et naturområde i lokalplanlægningsprotokollen.

I regionen Hauts-de-France har Etablissement Public Foncier (EPF: offentlig byggemodner) i flere år arbejdet med at renaturere brownfield-områder. På initiativ af byggemodningsorganets økolog Guillaume Lemoine er der blevet lanceret flere projekter med det formål at skabe midlertidige eller permanente naturområder baseret på en naturvidenskabelig tilgang, der primært er rettet mod flora- og insektpopulationer.

Lens-Van Pelt (3,5 ha) er et område, hvor der tidligere lå fabrikker, som blev revet ned af EPF med henblik på byfortætning. Over 10 år senere havde den økonomiske situation, især ejendomsmarkedet, ændret sig, og EPF besluttede i stedet at skabe et naturligt centralt område i overensstemmelse med den regionale skovbrugsplan, hvis mål var "1 million træer til Hauts-de-France". Renatureringsarbejdet gjorde det muligt at plante en byskov af lokale arter, at skabe en række forskellige skovmiljøer og at genoprette tørre græsarealer og levesteder for xerothermofile arter. Der blev skabt levesteder til flagermus og sandelskende årevinger ved hjælp af materialer, der var tilgængelige på stedet. Der blev anlagt en opdagelsesssti, så borgerne kunne udforske de nyoprettede økosystemer. Da projektet var afsluttet, ændrede Lens' byråd sin lokalplanlægningsprotokol, så stedet blev klassificeret som et naturområde og beskyttet mod enhver form for urbanisering. EPF foretager regelmæssigt opgørelser over dyrelivet for at følge op på udviklingen og succesen af renatureringsinitiativet.

På Houplines-Hâcot-Colombier-grunden (2,5 ha) har EPF's intervention revitaliseret industribæltet "bord de Lys" i kommunerne Hazebrouck og Houplines. 12 hektar jord af-

venter udviklingen af en ny bydel, der skal erstatte en række brownfield-områder. I mellemtiden bliver Hâcot-Colombier-grunden midlertidigt renatureret og brugt til bylandbrug (grøntsager og urter). EPF har genoprettet jorden og etableret biomassedyrkning for at forsyne lokale grønne områder med halm til bunddække. Der blev indledt drøftelser med de forskellige interessenter, før projektet begyndte, for at definere den landbrugsmæssige retning for dette "urbane tredje rum". Partnere med speciale i social og terapeutisk integration, kompostproducenter og gartnere arbejdede sammen om at skitseret et program, der blev koordineret af Compagnie des Tiers-Lieux på vegne af lokalrådet. Renaturering indebærer nedrivningsarbejde, håndtering af koncentrerede forureningskilder og opretholdelse af et skovområde inden for nedrivningszonen for at skabe et fremtidigt grønt område, ingen byggearbejdet starter. For at forbedre jordens agronomiske kvalitet har EPF sået bønnelignende planter, grøn gødning (phacelia) og blomsterenge samt dyrket hamp for at producere biomasse, der forsyner lokale grønne områder med dækningsmateriale. Sidstnævnte repræsenterer en "økonomisk" måde at bruge et område på, der afventer udvikling, og gør det muligt at teste tekniske aspekter af hampedyrkning i bymiljøer. Resten af EPF-programmet kan omfatte dyrkning af supplerende afgrøder, etablering af et netværk af levende hegn til produktion af biomasse eller etablering af en planteskole med lokale træer til forsyning af hele regionen.

På Roubaix-GTI Sodifac-grunden (2,2 ha) betyder tidsrammerne for gennemgang af lokalplanlægningsprotokoller og gennemførelse af rådføring med entreprenører, at jorden stadig vil være tilgængelig i flere år. Ud over de "almindelige" tiltag for at øge biodiversiteten, forbedre levemiljøet og begrænse urbane varmeøer er der blevet plantet blandinger af korn og bælgeplanter (lucerne og vikke) for at teste værdien af disse områder, der venter på at blive udviklet, som leverandører af biomasse til byens biogasanlæg og reducere afhængigheden af fossile brændstoffer uden at konkurrere med fødevarer afgrøder. Et teknisk partnerskab med Lille Agricultural College (JUNIA -ISA) gjorde det muligt at bestemme, hvilke kombinationer der skulle testes, at vurdere jordens agronomiske kvalitet og at overvåge mulig forurening af de producerede afgrøder. I denne fase udførte EPF nedrivnings- og dekontamineringsarbejde på stedet, såede blomsterenge for biodiversitet og plantede forskellige afgrødekombinationer. Et lignende projekt er i gang på Lille-Hellemmes-Québecor-grunden (1,5/2 ha), som også omfatter nedrivning af en tidligere fabrik (en beton- og metalgenvindingsfabrik). De fleste af træerne på stedet er



Midlertidig blomstereng på Houplines-grunden ©EPF Hauts-de-France

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Steder, der afventer udvikling, kan midlertidigt renatureres, hvilket gør det muligt at teste økologiske genopretningsmetoder eller eksperimentere med lokal produktion (planteskoler, dyrkede jordstykker, biomasse osv.).
- Diskussioner med lokale borgere og interessenter gør det muligt at udvikle lokalt relevante projekter.
- Den tilgang, der anvendes af EPF Hauts-de-France, skiller sig ud ved sin forståelse af økologiske udfordringer og sin evne til at gøre biodiversitet til et aktiv, hvor andre udviklere ser det som en belastning (på grund af tilstedeværelsen af beskyttede arter og uønskede midlertidige anvendelsesformer).

blevet bevaret, og der er oprettet en planteskole på stedet for at bevare træer og buske, der måtte rykkes op med rode.

Forbedring eller genopretning af økologisk kontinuitet

Hvis det gøres lettere for arter at bevæge sig fra sted til sted, øger det den genetiske blanding mellem populationer og opretholder dynamiske, tilpasningsdygtige og modstandsdygtige økosystemer. Renaturering i byområder kan også være med til at styrke den økologiske forbundethed og genoprette grønne, blå, brune eller sorte forbindelser. Omhyggeligt udvalgte steder kan afhjælpe manglende kontinuitet mellem tilstødende levesteder, udvide en eksisterende korridor eller skabe et ekstra levested, der fungerer som en trædesten. Det varierede udvalg af genskabte levesteder og de anvendte forvaltningsmetoder vil også være afgørende faktorer for at sikre funktionaliteten af de forskellige forbindelser. Den foreslåede metode er en indledende tilgang til sektorer, hvor renaturering kan forbedre den økologiske forbundethed, selvom der skal udføres yderligere undersøgelser lokalt for at maksimere sandsynligheden for succes for de pågældende målarter og forbindelser.

CASE 3

RENATURERING AF BROWNFIELD-OMRÅDER I MAUBEUGE-VAL DE SAMBRE-OMRÅDET (HAUTS-DE-FRANCE)

I korte træk: Renaturering af brownfield-områder for at styrke den grønne og blå forbindelse.

I forbindelse med en omfattende afindustrialisering har *communauté d'agglomération* (administrativt område) i Maubeuge-Val de Sambre, sammen med flere non-profit og institutionelle partnere, forpligtet sig til at renaturere sine brownfield-områder. Det er for det meste områder, der er blevet oprenset, har fået fjernet befæstelse, er blevet genoprettet og ført tilbage til naturen, så dyre- og plantelivet kan etablere sig spontant. Denne tilgang er så meget desto mere interessant, fordi de lokale myndigheder først identificerede og kortlagde disse steder for at udarbejde en renatureringsstrategi, der kan styrke den økologiske kontinuitet i hele området. For eksempel er det tidligere HK Porter-område, som engang var et stålværk, der fremstillede togvogne og lokomotiver, nu officielt en økologisk korridor, der er en del af Val de Sambres plan for grønne

og blå forbindelser. Dette sted, som hovedsageligt består af et vådområde og en skov, der har fået lov til at udvikle sig frit, har også flere områder med pionergræsmarker, hvor skår af en kulturarvsplante, den rundbladede mosevintergrøn (*Pyrola rotundifolia*), er blevet etableret. På stedet for et tidligere kraftværk (Pantegnies) har fjernelse af befæstelse og genopretningsarbejde gjort det muligt at genskabe både en mose og våde enge. Dette område er nu officielt klassificeret som et biodiversitetsreservoir som en del af Val de Sambres plan for grønne og blå forbindelser og som et regionalt naturreservat.



Omdannelse af det tidligere HK Porter-fabriksområde, som lukkede for 25 år siden, til en økologisk korridor kaldet "Les Portes des Marpiniaux" ©CAUE Nord

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Når disse områder er blevet renatureret, kan de lokale myndigheder klassificere dem som "Zone N" [Zone Naturelle] i planlægningsdokumenter, så områderne er beskyttede.
- I 2014 udgav ADEME, det franske agentur for økologisk omstilling, en vejledning til lokale myndigheder og entreprenører om biodiversitetsbevidsthed og omdannelse af forurenede brownfield-områder. I 2018 udgav foreningen Humanité & Biodiversité også en artikelsamling om renaturering af brownfield-områder i byerne og forstæderne. Renatureringsprojekter på tidligere brownfield-områder kan bevare ånden fra den oprindelige fabrik, som lokal-samfundet ofte husker med glæde.

CASE 4

NEDRIVNING: EN MULIGHED FOR RENATURERING (USA)

I korte træk: undersøgelse i Cleveland af potentialet i at nedrive bygninger på tomme grunde for at øge biodiversiteten i byerne.

I USA har byen Cleveland (Ohio) gennemgået en industriel og demografisk krise, der har ført til lukning af mange fabrikker. Mellem 2006 og 2010 rev byens boligforvaltning 5.152 bygninger ned (fabrikker og individuelle huse), hvilket førte til en betydelig stigning i antallet af tomme jordstykker. I dag har byen næsten 1.400 hektar ubenyttet jord, hvoraf en stor del tilhører kommunen. Denne hidtil usete situation er blevet en mulighed for at gentænke byen og undersøge, hvilken rolle disse rum spiller for biodiversiteten i byerne. I en undersøgelse blev der foreslået flere scenarier for at give nye anvendelser til de områder, hvor der ikke længere er byggeri, såsom bylandbrug, vandforvaltning gennem naturområder (naturbaserede løsninger), skabelse af grønne områder for befolkningen eller udvikling af vedvarende energi [22].

Mellem 2013 og 2019 undersøgte forskere, hvilken rolle disse tomme jordstykker spiller som potentielle levesteder for bestøvende insekter (*Gardiner et al, 2013; Turo and Gardiner, 2019*). 40 jordstykker blev undersøgt. På trods af deres ringe størrelse var der store og forskelligartede bestande af vilde bier på alle jordstykkerne. Der blev optalt i alt 107 arter, hvoraf de fleste var naturligt hjemmehørende og repræsenterede ca. 20% af alle biarter, der findes i Ohio. Denne forskning viser, at jord, hvorpå der lige er blevet fjernet bygninger, kan blive et hjemsted for biodiversitet inden for få år. Forskernes observationer bekræftede vigtigheden af pioner- og spontanvegetation for vilde bier såvel som bevidst plantede arter for bestøvere. På en landskabsskala er kombinationen af disse tomme jordstykker

og deres netværksfunktion en vigtig faktor i opretholdelsen af bisamfund. Selvom nedrivning af bygninger stadig er en sjældenhed i byen og vanskelig at gennemføre, er Cleveland et enestående eksempel på mindske af byfortætning og genskabelse af et netværk af ubenyttet jord, der bliver en aktiv del af byens grønne forbindelse.



VIGTIGE KONKLUSIONER

- I visse sammenhænge med byforfald kan nedrivning af bygninger og infrastruktur gøre det muligt at renaturere mange befæstede områder og genskabe økologiske netværk.
- Genopretning af økologisk kontinuitet i bymiljøer kan indebære at genskabe forbindelsen mellem isolerede levesteder, udvide eksisterende områder eller økologiske korridorer eller skabe "trædesten"* mellem levesteder i den urbane matrix.
- Florilèges-prairies-protokollen bidrager til at forbedre vores forståelse af forvaltningspraksisernes indvirkning på engenes økologiske kvalitet samt den dynamik, der driver udviklingen af disse miljøer, takket være en standardiseret metode til overvågning af floraen på byenge [24]. Forvalterne får flere værktøjer: et hæfte, der forklarer protokollen, feltnoter og en guide til identifikation af planter.

* "Trædesten" henviser her til en diskontinuerlig økologisk korridor, der består af en række mellemliggende levesteder eller refugier (permanente damme, krat på dyrkede marker osv.).



Nedrivning i Cleveland ©Turo og Gardiner, 2020 [23].

CASE 5

GENOPRETNING AF EN BYFLOD OG ETABLERING AF ET NETVÆRK AF DAMME (GRAND EST)

I korte træk: genopretning af en flod og skabelse af en korridor for grønbrogede tudser.

I 2000'erne påtog Eurométropole de Strasbourg sig at løse manglen på økologiske sammenhænge, som de havde identificeret i deres plan for blå-grønne forbindelser. Projektet havde tre mål: at renaturere floden Ostwaldergraben, som havde det dårligt rent økologisk, at skabe en korridor for den grønbrogede tudse (*Bufo viridis*) mellem to vådområder, der ligger opstrøms og nedstrøms og at skabe nye yngleområder for tudserne. Der blev gennemført

flere projekter. I 2012 og 2015. Jord, der var forurenet med krom, blev fjernet i stort omfang, og forurenet flodslam blev fjernet fra det naturlige miljø. Flodsletten blev gjort mindre og genslynget for at sætte gang i strømmen, og jorddigerne langs Ostwaldergraben blev fjernet for fysisk at genskabe forbindelsen mellem flodsletten og flodlejet. For at løse manglen på økologisk sammenhæng under Ostwald-vejbroen blev der installeret en faunaunderføring, så dyrene kunne krydse under broen uden at blive våde. Der blev også skabt et netværk af damme langs floden, som yderligere forstærkede den økologiske korridor. Adskillige opgørelser over dyrelivet har siden vist, hvor effektivt initiativet har været, idet grønbrogede tudser koloniserede stedet og ynglede der samme år, som arbejdet blev udført.



Spontan genkolonisering af floraen i og omkring den renaturerede Ostwaldergraben ©Rémy Gentner

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Da begrebet forbundethed er svært at definere og varierer fra art til art, er det muligt at anvende gennemsnitsværdier, der er registreret i videnskabelige undersøgelser, og som kan anvendes på flere grupper af arter. For eksempel viser flere undersøgelser, at et grønt rum, der ligger mere end 300 meter fra et andet, er "afkoblet" for sommerfugle (Shwartz *et al*, 2013), planter (Muratet *et al*, 2008) og fugle (Hostetler & Holling, 2004).
- Jo bredere og mere sammenhængende korridorer er i naturlige miljøer, jo mere effektive er de, og jo mere sandsynligt er det, at de er vært for mange arter (Ford *et al*, 2020). Dette princip kan også anvendes i bymiljøer ved at foretrække brede korridorer, f.eks. langs vandløb eller lineær infrastruktur. Den passende størrelse af korridorerne varierer dog afhængigt af de arter, der sigtes efter, hvilket gør det nødvendigt at udføre en indledende undersøgelse.
- Når bymorfologien ikke tillader etablering af korridorer, kan tilstedeværelsen af mange indbyrdes forbundne naturområder være et effektivt alternativ. En schweizisk undersøgelse viser, at områder, der er mindre end 20 kvadratmeter, kan være levested for flere arter. Kontinuiteten mellem sådanne områder skal opretholdes ved at sikre, at de ikke ligger mere end 50 - 200 meter fra hinanden, især i tætbefolkede områder, hvor der er langt mellem store grønne rum (Vega & Küffer, 2021).

CASE 6

**RENATURERING AF FLODBREDDER
VIA PLANTEBASEREDE TEKNIKKER
(ÎLE-DE-FRANCE)**

I korte træk: Renaturering og forvaltning af Seinens bredder udført af en forening for social og arbejdsmæssig integration.

I hjertet af Paris-regionen er der kilometervis af kunstige flodbredder (opstemninger, betondæmnings, spunsvægge), især langs Seinen. Nedgangen i naturlige flodbredder har ført til et tab af levesteder for vilde dyr og planter. Siden 1995 har foreningen Espaces [25] renatureret Seinens bredder for at genoprette de økologiske korridorer og disse økosystemers funktioner (dvs. regulering af den fysiske, kemiske og hydromorfologiske kvalitet af vandløb og flo-

der). Foreningen bruger økologiske teknikker som "spiling" (pilekviste flettet mellem lodrette stolper) og plantning af flodlejer af moseplanter for at begrænse erosion af flodbredden og genoprette levesteder. I nogle områder har man brugt rørskove eller beplantede flåder. I alt er 575 meter flodbred og 300 meter dæmning blevet genoprettet omkring øen Saint Germain ved hjælp af plantebaserede teknikker. Disse initiativer forbedrer vandkvaliteten ved at øge fytooprensningen, øger artsdiversiteten (i 1970'erne var Seinen hjemsted for kun fire fiskearter, i dag er der omkring tredive) og beskytter truede fugle som isfugle.



Spiling udført af Association Espaces på Île Saint-Germain ved Issy-les-Moulineaux for at stabilisere og genplante flodbredden ©Association Espaces

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Plantebaserede teknikker giver løsninger, der begrænser jorderosion. Takket være sit rodnet beskytter plantelaget jorden mod nedsynkning, regn og vind. I projekter til genopretning af flodbredder efterfølges spiling ofte af såning af tilpassede planter eller plantning af pilestiklinger.
- Renaturering af flodbredder i byerne hjælper med at bremse flodens strømning, rense vandet, tilbageholde sedimenter og regulere vandtemperaturen.
- Mens fordelene ved naturlige floder for biodiversiteten er ubestridelige, giver de også arterne mulighed for at bevæge sig langs flodbredderne, når de tilpasser sig klimaforandringerne.



CASE 7A

RENATURERING FOR AT SKABE SAMMENHÆNGENDE ÅBNE BEDE (NORMANDY)

I korte træk: fjernelse af befæstelse og renaturering af en række træer for at forbedre regnvandshåndteringen og genoprette en brun forbindelse.

For at forbedre regnvandshåndteringen og mindske fænomenet med urbane varmeøer har mange kommuner genbeplantet offentlige områder og fjernet befæstelse på fortove. I 2020 lancerede byrådet i Caen et ambitiøst program for fjernelse af befæstelse og plantning af træerækker

langs fortove og veje og fjernede 4 hektar asfalt i 2023. I den første fase af arbejdet fjernede man næsten 5.000 kvadratmeter asfalt fra flere rækker af træer. Ud over at plante er målet at genoprette et kontinuum af jord ("brun forbindelse"), så overfladevegetation (urteagtige planter, træer og buske) kan drage fordel af denne underjordiske forbindelse, ikke kun for at dele næringsstoffer via deres rødder, men også for at interagere med svampenetværket. Fjernelse af befæstelse er også en mulighed for at beplante jorden for foden af træerne og forbedre forbundetheden for planter og insekter langs rækker af træer. Til dato er i alt ca. 2 hektar jord blevet renatureret neden for rækker af træer.



Gaden, der er opkaldt efter den normanniske maler Eugène Boudin, blev meget grønnere i 2021, da en del af asfalten blev fjernet ©Ville de Caen

CASE 7B

RENATURERING FOR AT GENSKABE BRUNE FORBINDELSER (SCHWEIZ)

I korte træer: ændring af plantebede til rækker af træer.

Ud over at gøre noget ved asfalten på overfladen kan det også være nyttigt at genoprette forbindelser mellem planter på et dybere niveau ved at fjerne eller rekonfigurere individuelle plantebede og skabe sammenhængende bede til træerne. I forbindelse med NOS-TREES-projektet (2016-2018) har Genève-kantonen udarbejdet en oversigt over bedste praksis for plantning af nye træer og opfordrer til at grave sammenhængende bede, der er store nok til, at store træer kan udnytte deres potentiale (ideelt set 15-100 kubikmeter bed pr. stort træ) i stedet for mindre individuelle bede. Dette arbejde har vist, at træerne er sundere og vokser hurtigere, når man ikke bruger individuelle bede. Det anbefaler beplantninger med komplekse strukturer (dvs. små og store træer plantet på samme tid) og kombinationer af forskellige arter med træer plantet

tæt på hinanden i sammenhængende bede af høj kvalitet [26]. Renaturering for at diversificere levesteder i den urbane matrix. I nogle tilfælde kan renaturering gøre det muligt at skabe levedygtige nye levesteder ved at målrette indsatsen mod specifikke kohorter eller ved at fokusere på renaturering på et specifikt område (byenge, skovområder, termofiler, sandjord osv.). I alle tilfælde skaber diversificering af levesteder en række forskellige levevilkår, der kan gøre det muligt for en bred vifte af arter med forskellige økologiske behov at leve på stedet. Dette arbejde skal finde sted i hele det administrative område, men det kan også være relevant på lokalitetsniveau, hvis der er en række forskellige levesteder. For eksempel vil forskellige plantelag (urteagtige planter, buske og træer) give en række forskellige levesteder (*Brunbjerg et al, 2018*). I andre tilfælde er det muligt at implementere en tilgang, der fokuserer på et eller flere samfund af arter for at prioritere bestemte grupper eller et bestemt miljø.

Et eksperiment i Genève viser, at træer er sundere og vokser meget hurtigere, når der ikke bruges individuelle bede. ©L. Chabbey, M. Schaller, P. Boivin, HEPIA, Genève



VIGTIGE KONKLUSIONER

- Ved at etablere åbne bede, der sikrer jordkontinuitet, kan man øge mængden af jord, der er tilgængelig for træernes rødder, og lette nedslivningen af regnvand. Åbne bede giver træerne mulighed for at forbinde sig på rodniveau og udveksle næringsstoffer og information.
- Arter, der findes i jorden, er også nødt til at flytte sig fra et sted til et andet (*Mathieu, 2015*) for at fuldføre deres livscyklus, formere sig, undslippe lejlighedsvis ændringer i deres miljø, rekolonisere et område efter en episode med høj dødelighed osv.
- Fjernelse af befæstelse og begrønning af områderne ved foden af træer kan forbedre koloniseringen af vilde planter, som enten spreder sig kontinuerligt eller ikke-kontinuerligt i form af "trædesten" (*Pellegrini et al, 2014*).



CASE 8

**RENATURERING AF EN KIRKEGÅRD I
VERSAILLES FOR AT FORBEDRE FORHOLDENE
FOR PLANTE- OG DYRELIVET (ÎLE-DE-FRANCE)**

I korte træk: Renaturering af forskellige befæstede områder på en kirkegård (stier og mellemrummene mellem grave), plantning af lokale arter og etablering af et overvågningsprogram via protokoller for borgerinddragende videnskab.

I Frankrig er kirkegårde meget nøgne miljøer med meget lidt plads til spontan flora, som brugerne ofte ikke bryder sig om. Rækker af marmorgravsten og betonkrypter på kryds og tværs af skifer- eller grusstier optager det meste af pladsen på bekostning af vegetationen. Sprøjtegifte har længe været den mest praktiske løsning til ukrudtsbekæmpelse. Med den stigende bekymring omkring sprøjtegifte og forbuddet mod visse pesticider i henhold

til Labbé-loven fra 2019, er kommunerne i stigende grad tilbøjelige til at reducere eller stoppe brugen af pesticider og renaturere kirkegårde.

Det er tilfældet i Versailles, hvor man i 2009 stoppede brugen af sådanne kemikalier på fire kirkegårde med et samlet areal på 18,5 hektar. På Les Gonards-kirkegården har kommunen renatureret flere områder, hvor der ikke var noget grønt, for at gøre stedet mere beboeligt for vilde dyr og planter. Befæstelsen på nogle af hovedstierne er blevet fjernet, og det samme gælder for de mindre stier og mellemrummene mellem gravene. Der er blevet arbejdet på at skabe områder med åben eng, plante en række lokale arter og overvåge dyre- og plantelivet via de borgerinddragende protokoller Propage og Florilèges Prairies (se s. 99). Disse tiltag har også skabt en større accept af økologiske forvaltningsteknikker ved aktivt at kommunikere med borgerne. Versailles-kirkegårdene blev tildelt EcoJardin-mærket i 2012, hvilket afspejler kvaliteten af deres økologiske forvaltningstilgang.



Les Gonards var den første kirkegård, der fik EcoJardin-mærket (2012), og den er blevet en integreret del af byens grønne forbindelse ©Marie Wagner

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Forvaltningen af renaturerede områder er lige så vigtig for at genoprette og berige biodiversiteten. Idéen er at anvende en økologisk forvaltningsmetode eller endda en tilgang uden forvaltning. Denne beslutning vil afhænge af det pågældende sted og skal gå hånd i hånd med passende kommunikation. Hvis man ikke kommunikerer om forvaltningspraksis, kan det resultere i afvisning fra borgernes side.
- Videnskabelig overvågning gør det muligt at vurdere dit renatureringsprojekt og forvaltningsplanens indvirkning på arterne. Det er muligt at oprette forenklede protokoller, der ikke kræver omfattende naturvidenskabelige færdigheder, såsom dem, der tilbydes af det franske naturhistoriske museum i dets program med borgerinddragende videnskab "Vigie Nature" (se s. 99).

CASE 9

RENATURERING AF LEVESTEDER I JORDEN FOR BESTØVERE I LILLE (HAUTS-DE-FRANCE)

I korte træk: skabelsen af et netværk af redepladser for at hjælpe med at bevare de vilde bier.

I 2010 blev byrådet i Lille opmærksom på den enorme mangfoldighed af vilde bestøvere takket være en opgørelse over vilde bier i parken Parc de la Citadelle, der blev gennemført det år. Siden da er næsten 120 bitaksoner blevet identificeret i hele byen. Denne gruppe af insekter omfatter arter, der ikke kun er afhængige af en meget specifik flora, men også af særlige jordbundskvaliteter. Dette refererer til jord med sparsom vegetation, der ofte er fattig og opvarmes hurtigt (mesotrof eller endda oligotrof jord, lerjord, ler, sandjord osv.) for at reproducere. Ud over at udvikle varierede enge med mange bønnelignende planter og øge områder med værtsplanter for målbiarter (seljepil (*Salixcaprea*), markrødtop (*Odontites vernus*), almindelig kattehale (*Lythrum salicaria*) osv.), skabte byrådet et net-

værk af redepladser for arter, der er knyttet til sandjord, sand- og lerjord og lerjord (alle oligotrofe og sparsomt beplantede). Dette netværk af steder blev fordelt i henhold til de senest identificerede populationer og kortlagt på den grønne hovedforbindelse. I alt blev disse levesteder genoprettet på otte steder med jordmængder fra 4 til 20 kubikmeter. De var egnede til de plantearter, der er nødvendige for, at disse jordboende bier kan fuldføre deres livscyklus (*Odontites rubra*, *Echium vulgare*, *Lythrum salicaria*, *saules divers*, *Reseda sp.*, *Lysimachia vulgaris*, osv.) Overvågningen af projektet bekræftede, at disse løsninger var en succes for årevinger, herunder bier som *Andrena-va-ga* og *Colettes hederæe* og flere arter af jordhvepse. Der er planlagt minimal vedligeholdelse for at fjerne visse græsarter, da den lokale nedbør har et højt kvælstofindhold. Dette initiativ er baseret på naturforskernes indgående viden og fokuserer på de økologiske behov hos vilde biarter, hvoraf størstedelen (70%) er jordboende.



Yohan Tison, en økolog, der arbejder for byrådet i Lille, står foran en bank, der er genoprettet for at give jordboende bier et hjem. ©Denis Lagache, Association Les Blongios

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Dette initiativ bygger på omfattende viden om naturen og fokuserer på de økologiske behov hos vilde biarter, hvoraf størstedelen (70%) bygger rede i jorden.
- For at begrænse konkurrencen mellem tamme bier og vilde bier i Lille, er der ikke blevet sat nye bistader op i sektorer, der er øremærket til at øge bestanden af vilde bier.
- Alle nye beplantningsprogrammer, hvad enten det er for at få vilde blomster ind i byen, eller når der tilføjes nye elementer til området, involverer valg af planter, der er af lokal oprindelse, lokalt produceret og anerkendt som gode bieværter og leverandører af nektar og pollen.

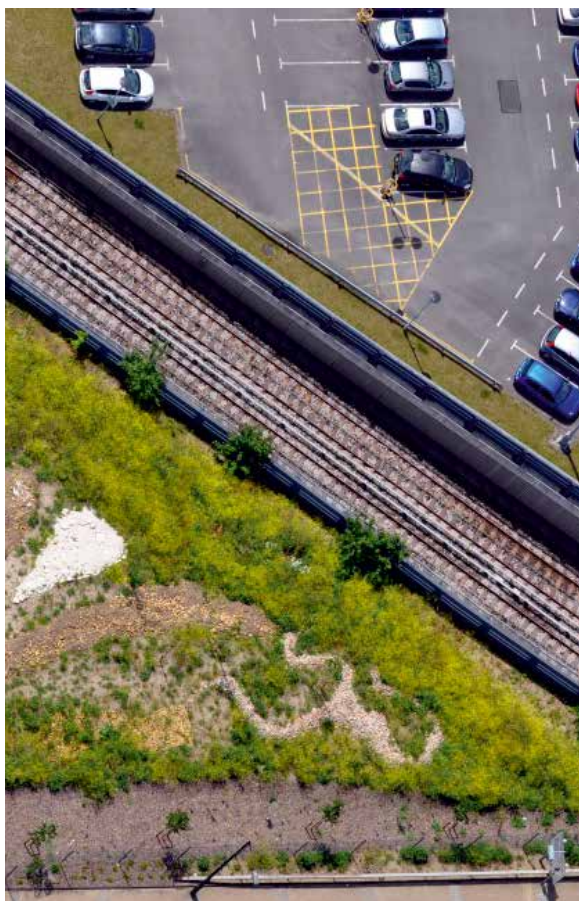
CASE 10

LONDONS "BEETLE BUMP" (STORBRITANNIEN)

I korte træk: renatureringsprojekt med det formål at genskabe levestedet for en art, hvis tidligere hjem var blevet ødelagt.

I Storbritannien er genopretningen af et levested for bombardérbillen (*Brachinus sclopeta*) et bemærkelsesværdigt eksempel på renaturering med fokus på en enkelt art. Billen var knyttet til brownfield-områder i Londons Docklands i East Thames-korridoren, og dens sidste kendte levested måtte destrueres for at gøre plads til udvikling. Inden for rammerne af kompenserende foranstaltninger, der støttes af Buglife (Invertebrate Conservation Trust) og University of East London, førte diskussioner til oprettelsen af Beetle

Bump, et renatureringsprojekt, der efterligner egenskaberne ved et brownfield-område og reproducerer billens levested. Operationen indebærer at tilføre en blanding af næringsfattigt genbrugsaggregat og så vilde blomster, der typisk lever i brownfield-områder i regionen (Connop *et al.*, 2018). De bombardérbiller, der blev reddet fra byggepladsen, blev flyttet til Beetle Bump. Opgørelser i de efterfølgende år har vist kvaliteten af levestedet for billerne og også for andre arter. I sin ph.d.-afhandling foreslår den britiske forsker Caroline Nash lignende genopretningsmetoder med inspiration fra levestederne i brownfield-områder. Denne "øko-mimicry"-tilgang, der fokuserer på artssamfund og deres levesteder, søger at fremme ændringer i den nuværende landskabsplejepsikis (Nash, 2017).



Luftfoto af etableringen af Beetle Bump-levestedet på University of East London, Docklands Campus
©Stuart Connop - Sustainability Research Institute



Beetle Bump (*Brachinus sclopeta*)
©Stuart Connop - Sustainability Research Institute

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Det er muligt at genoprette levesteder, der er målrettet en enkelt art eller et samfund af arter. I dette tilfælde er det tilrådeligt at få hjælp fra natur- eller økologorganisationer.
- Renaturering giver kun mening, hvis de genoprettede miljøer er langtidsholdbare. For at sikre, at det sker, har de lokale myndigheder en række værktøjer til rådighed, fra køb af jord til lovmæssig beskyttelse via deres planlægningsprotokoller.

RENATURERING FOR AT LETTE TILPASNINGEN TIL KLIMAFORANDRINGER

Konsekvenserne af klimaforandringerne er allerede synlige i Paris-regionen: højere gennemsnitstemperaturer (en gennemsnitlig stigning på ca. 2 °C siden 1950), hyppigere hedebølger, mindre hyppige kuldeperioder og temperaturer under frysepunktet, sommertørke og mere intens nedbør (Vautard *et al.*, 2021). Hyppigheden, intensiteten og varigheden af ekstreme hændelser (hedebølger, oversvømmelser osv.) er steget. Overfladebefæstelse og overvægten af beton og sten i byerne fremskynder virkningerne af klimaforandringer, fra regnvandsafstrømning til bytemperaturer, der er op til 10 °C højere end i landområder under hedebølger. Selvom der findes strategier til at tilpasse sig klimaforandringernes virkninger, bør der lægges vægt på naturbaserede løsninger på grund af deres sidegevinster med hensyn til biodiversitet og livskvalitet. Renaturering i befæstede byområder kan opfylde disse behov ved at genskabe naturlige områder, der mindsker virkningerne af afstrømning, reducerer risikoen for oversvømmelse og bekæmper urbane varmeøer. For at udpege de områder, der er mest sårbare over for klimaforandringer, og maksimere effektiviteten af renaturering med dette mål for øje, har man analyseret eksponeringen for virkningerne af urbane varmeøer, afstrømning og oversvømmelse fra floder.

KRITERIER FOR UDPEGNING AF PRIORITEREDE ZONER

Eksponering for virkningerne af urbane varmeøer

I byområder absorberer og reflekterer befæstede overflader og bygninger solens stråler og opvarmer den omgivende luft. Det er en af de mange faktorer, der bidrager til effekten af urbane varmeøer, som resulterer i højere temperaturer i tætte byområder end i landområder. Temperaturforskellen mellem tætbefolkede områder i centrum af Paris og Bois de Boulogne og Vincennes er omkring 4 °C under normale sommerforhold (sommer 2000), men kan være meget større i perioder med ekstrem varme: 8 °C i 2015 og 10 °C i 2003 [27]. Dette fænomen har mange skadelige virkninger på sundhed og trivsel, energiforbrug (aircondition) og biodiversitet (osmotisk stress og stigning i artsdød).

Eksponeringen for varmeøer i byerne blev analyseret ved hjælp af indikatoren "Aléa jour" [fare i dagtimerne], der blev udarbejdet inden for rammerne af projektet "Adapter l'Île-de-France à la chaleur urbaine"/"Tilpasning af Paris-regionen

KRITERIER	TÆRSKLER	SCORE	KILDE
Eksponering for virkningerne af urbane varmeøer	Høj	0	Cordeau, 2017
	Middel	1	
	Lav	2	
	Køling	3	
Eksponering for afstrømning	Høj	0	Paris Region Institute
	Middel	1	
	Lav	2	
Eksponering for oversvømmelsesrisiko	Høj	0	Paris Region Institute
	Middel	1	
	Lav	2	

TABEL 5. Kriterier, tærskler og bibliografiske ressourcer, der bruges til at identificere byområder, der er mest sårbare over for klimaforandringer

til byvarme" (Cordeau, 2017). Effekten af urbane varmeøer repræsenterer en fare, der afspejler sandsynligheden for, at hedeølger vil forværres lokalt. Indikatoren "Aléa jour" beregnes ud fra parametre, der genererer urbane varmeøer: jordbefæstelse, antal bebyggede overflader, ventilation, materialers termiske egenskaber og skygge fra træer. Ifølge disse parametre vil et område enten have potentiale for, at faren forværres (hvilket øger effekten af hedeølgen) eller mindskes (f.eks. i tilfælde af urbane kuldeøer). Inden for rammerne af den analyse, der udføres her, gives der en score på 0 til en celle med en høj risiko for forværring, en score på 1 for mellemstor risiko for forværring, en score på 2 for lav risiko for forværring og en score på 3 for afkølingspotentiale.

Eksposering for afstrømningsrisiko

Afstrømning i bymiljøer vil sandsynligvis forekomme hyppigere på grund af stadig kraftigere nedbør, hvilket yderligere forstærkes ved at stadig større områder befæstes i og omkring byer. Ud over at øge risikoen for oversvømmelser påvirker afstrømningen også vandkvaliteten i floder og vandløb. Under skybrud kan vandaflædningsystemet

blive mættet, og afstrømningen blandes med spildevand. Overbelastning af det system, der fører spildevand til rensningsanlægget, kan få forurenede vand til at løbe ud i naturlige miljøer fra regnvandsoverløb, selv når nedbøren er af gennemsnitlig intensitet [34].

Eksposering for afstrømning er blevet undersøgt baseret på det afstrømningsindeks, som Paris Region Institute har udarbejdet. Dette indeks sammenligner forskellige datasæt som f.eks. undersøgelser af arealanvendelse (opdelt i tre kategorier: stærkt befæstede arealer, moderat befæstede arealer, let befæstede arealer) og risikoen for kraftig afstrømning på grund af den lokale topografi (undersøgt ved at anvende tre kategorier af hældninger: stejl, moderat og let). For yderligere oplysninger henvises til bilag 3).

De værdier, der er forbundet med hver kategori, er opsummeret i tabellen nedenfor. Kumulative værdier omklassificeres, så der opnås en score på 0 til 2 (værdier med fed skrift), der afspejler risikoen for eksposering for afstrømning afhængigt af hældningen og graden af jordbefæstelse. Derefter tildeles cellerne en score i henhold til den primære risiko: høj eksposering for afstrømning scorer 0, mellemstor eksposering 1 og lav eksposering 2.



I byområder øges afstrømningen ved at befæste jorden. ©Nicolas Hannetel / Agence de l'Eau Seine-Normandie

HÆLDNING BEFÆSTELSE			
	STEJL (= 0)	MODERAT (= 1)	LET (= 2)
TUNG (= 0)	0 → 0	1 → 0	2 → 1
MODERAT (= 1)	1 → 0	2 → 1	3 → 2
LET (= 2)	2 → 1	3 → 2	4 → 2

TABEL 6. Krydstabel, der analyserer eksponering for afstrømning afhængigt af hældning og befæstelsesgrad

Eksponering for oversvømmelsesrisiko

Vandstandsstigninger er naturfænomener, der kan resultere i oversvømmelser. Oversvømmelser er en stor risiko i Frankrig, hvor næsten 17 millioner mennesker er udsat for risikoen for, at floder går over deres bredder [28]. Den stadig kraftigere regn i forbindelse med klimaforandringerne vil forstærke dette fænomen (ifølge nogle scenarier forventes der en stigning på 20% i skybrudshændelser inden udgangen af århundredet) (Coppola et al, 2021; Soubeyroux, 2020).

Stigende vandstand og oversvømmelser skyldes ikke kun nedbør, men også tilpasningen af vandopland, forvaltning af vandløb og floder, arealanvendelse og jordbefæstelse. For at undersøge de kumulative virkninger af arealinddragelse og oversvømmelsesrisiko blev forskellige datasæt sammenlignet. Arealudnyttelsen blev inddelt i tre kategorier: ubebyggede områder, åbne bebyggede områ-

der (parker, kirkegårde osv.) og tæt bebyggede områder (boliger, erhvervspark osv.). Oversvømmelsesrisikoen undersøges via tre farekategorier: lav, høj og meget høj (se bilag 4 for yderligere oplysninger).

De værdier, der er forbundet med hver kategori, er opsummeret i tabellen nedenfor og derefter omklassificeret for at opnå en score fra 0 til 2 (værdier med fed skrift). Dette giver information, der afspejler eksponering for oversvømmelsesrisiko afhængigt af arealudnyttelsen og potentiel oversvømmelsesintensitet. Derefter tildeles cellerne en score i henhold til den primære risiko i cellen: høj eksponering for oversvømmelser giver en score på 0, moderat eksponering 1 og lav eksponering 2.

Tabel 7: Krydstabel, der analyserer eksponering for oversvømmelsesrisiko afhængigt af arealanvendelse og potentiel oversvømmelsesintensitet.

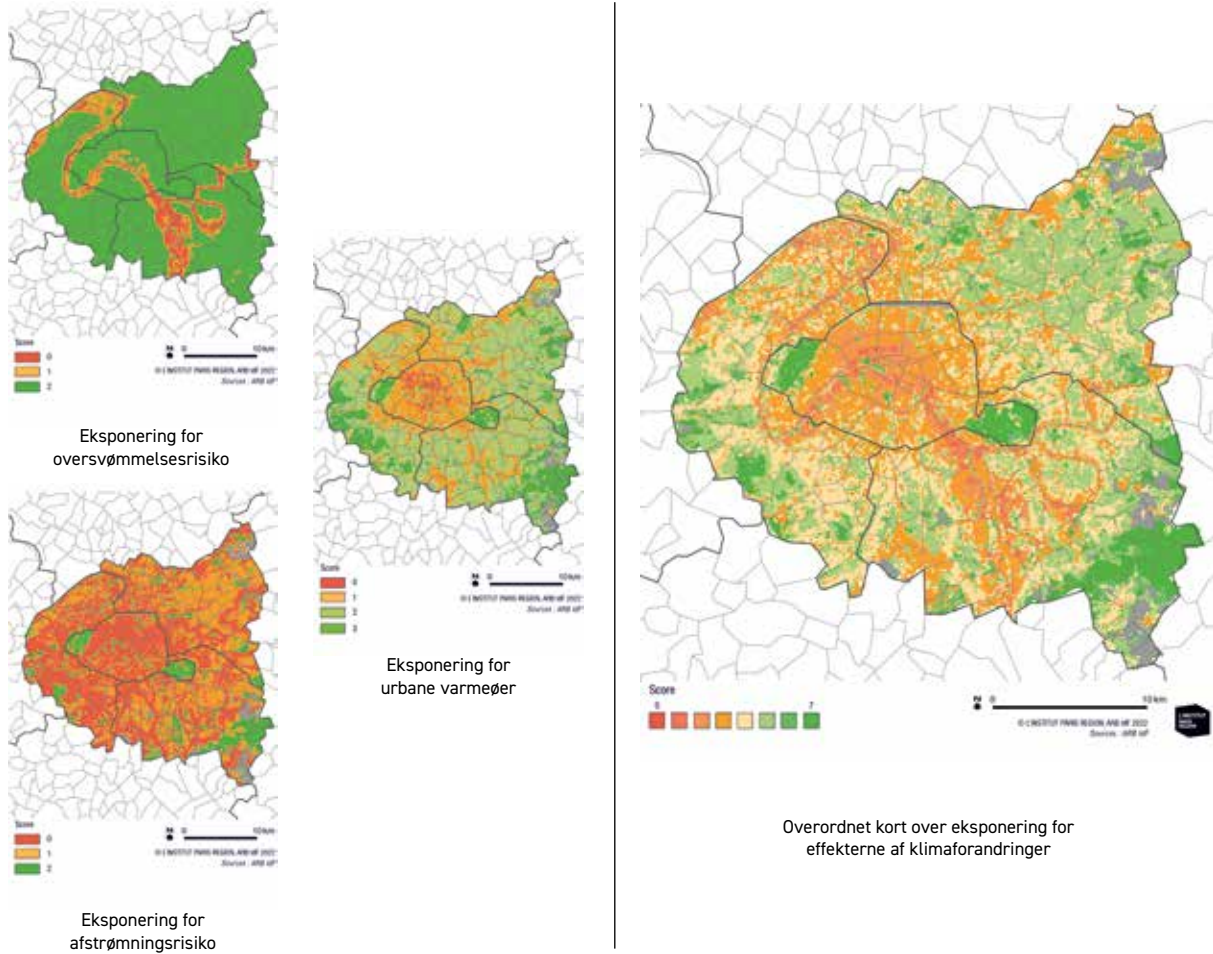
FARE TYPE AF OMRÅDE			
	STEJL (=0)	MODERAT (=1)	LET (=2)
UBEBYGGET (= 3)	5 → 2	4 → 2	3 → 2
ÅBEN (= 1)	3 → 2	2 → 1	1 → 0
TÆT (= 2)	2 → 1	1 → 0	0 → 0

TABEL 7. Krydstabel, der analyserer eksponering for oversvømmelsesrisiko afhængigt af arealanvendelse og potentiel oversvømmelsesintensitet.

HVOR SKAL RENATURERING FINDE STED FOR AT HJÆLPE EN REGION MED AT TILPASSE SIG KLIMAFORANDRINGERNE?

Efter metoden beskrevet på side 25 blev celler med lav score (0 - 3) defineret som prioriterede renatureringszoner. Inden for ydergrænsen for de indre forstæder viser analy-

sen, at de byområder, der er mest udsat for virkningerne af klimaforandringerne, ligger i selve Paris, men også mere bredt langs Seinen og Marne, hvor urbanisering fører til høj eksponering for oversvømmelsesrisiko. Hvad angår *departementerne* i de indre forstæder, falder eksponeringen, jo længere væk man kommer fra de tætte byområder.

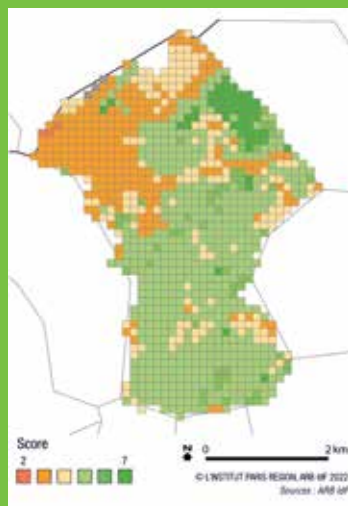


FIGUR 11. Kartografiske resultater af undersøgelsen af udvalgte kriterier (venstre) og overordnet kort over eksponering for effekter af klimaforandringer, svarende til summen af kriteriescorer (højre). Resultaterne her vedrører kun Paris og dens indre forstæder.

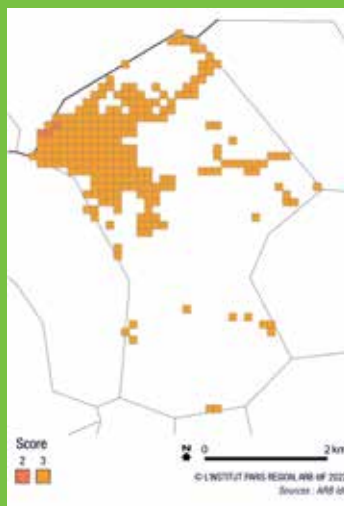
EKSEMPEL PÅ, HVORDAN METODEN BLEV ANVENDT I BYEN AULNAY-SOUS-BOIS

Analysen afslører i alt 280 celler, der er meget udsatte for virkningerne af klimaforandringer (score 2 eller 3). Renatureringsbehovet er koncentreret i den nordvestlige del af området, som svarer til et

kraftigt befæstet industriområde, der er udsat for afstrømning og urbane varmeøer. Hvad angår resten af området, har 748 celler lav eksponering (score 4 eller 5). 127 celler har meget lav eksponering (score 6 eller 7) og har lav prioritet for renatureringsprojekter rettet mod tilpasning til klimaforandringer.



Overordnet analyse af udfordringen
"Tilpasning til klimaforandringer"



Identifikation af prioriterede
renatureringszoner



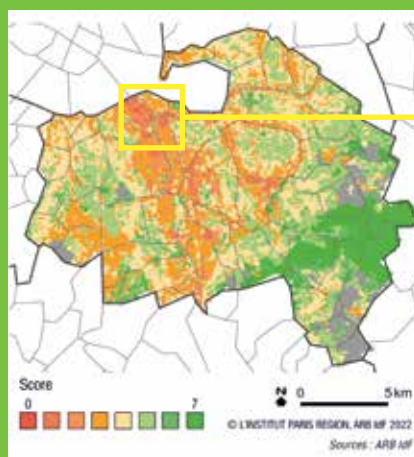
Lokalisering af steder, hvor befæstelse
potentielt kan fjernes med efterfølgende
renaturering

FIGUR 12. Identifikation af områder, hvor befæstelsen kan fjernes, i sektorer, der er meget udsatte for klimaforandringer i Aulnay-sous-Bois (Paris-regionen, *département* Seine-Saint-Denis).

EKSEMPEL PÅ FORTOLKNING AF RESULTATER FOR IVRY-SUR-SEINE

Den rumlige analyse af Ivry-sur-Seine afslører et kraftigt befæstet byområde, som også er et område, der kan oversvømmes, og som dermed har stor risiko for oversvømmelse og afstrømning. Graden af

befæstelse skaber også en betydelig effekt fra urbane varmeøer. Renaturering vil ikke kun beskytte eksisterende infrastruktur mod oversvømmelsesrisiko, det vil også begrænse effekten af hedeølger (med en effektivitet, der afhænger af renatureringsprogrammets størrelse).



FIGUR 13. Kort over eksponering
for klimarisiko i Ivry-sur-Seine



FEEDBACK OG ANBEFALINGER

I forbindelse med tilpasning til klimaforandringer kan renaturering målrettes flere forskellige forløb afhængigt af det pågældende område for at reagere på en eller flere typer af sårbarhed, der er blevet identificeret. Der kan formuleres flere typer anbefalinger som f.eks.:

Genopretning og genslyngning af byfloder og renaturering af flodbredder

Genopretning af flodsletter og andre bufferzoner for at håndtere overløb (vådeng, netværk af damme, søer, alluviale skove)

Øgning af antallet af alternative regnvandshåndteringssystemer i tidligere befæstede områder (haver og parker der kan oversvømmes, netværk af damme, søer, regnhaver, beplantede lavninger osv.)

Øgning af tætheden af træer og planter i asfalterede gader, på populære offentlige pladser og langs veje.

Renaturering for at skabe flodsletter og håndtere oversvømmelsesrisiko

I Frankrig er de fleste vandløb blevet ændret ved menneskelig intervention (udbedring, inddæmning, kanalisering, overdækning), som har påvirket deres funktionalitet negativt og ført til en stigning i oversvømmelsesrisikoen under skybrud. Samtidig er de fleste vådområder og moser, der fungerer som oplagringsområder for regnvand i eller nær byerne, blevet drænet eller befæstet. Floder er ofte berøvet deres annekser (enge og flodsletter der

kan oversvømmes), som plejede at fungere som overløb under storme. I de indre forstæder til Paris er områderne omkring de store flodlejer for eksempel næsten alle urbaniserede, sammenlignet med 30% i de ydre forstæder.

Renaturering, genslyngning eller i nogle tilfælde fuldstændig genopretning af eksisterende vandløb kan forbedre deres gennemstrømning og øge deres oplagingskapacitet. Økosystemer, der er forbundet med floder som f.eks. skov langs floderne, hjælper også med at vedligeholde flodbredderne og bremse strømmen. I lyset af den øgede risiko for oversvømmelser planlægger flere og flere lokale myndigheder at genoprette vådområder, der kan oversvømmes, ved siden af store floder og at genoprette vandløb i byerne.

CASE 11

VIGNOIS-FLODSLETTEN (ÎLE-DE-FRANCE)

I korte træk: skabelse af en biodiversitetsvenlig flodslette.

Vignois-området i Gonesse er et af de mest vellykkede eksempler på en naturbaseret løsning, der udtrykkeligt er designet til at håndtere oversvømmelsesrisiko og gavne biodiversiteten. Operationen, der blev udført af SIAH (Syndicat Intercommunal d'Aménagement Hydraulique) i 2019, gik ud på at skabe et 12 hektar stort vådområde med en oplagingskapacitet på 55.000 kubikmeter for at beskytte området mod oversvømmelser, når floden Croult går over sine bredder, og på grund af regnvandsafstrømning.



Permanente og midlertidige vådområder på Le Vignois-grunden, som er blevet til en flodslette ©SIAH Croult et Petit Rosne

Samarbejde mellem økologer, landskabsdesignere og planlæggere gjorde det muligt at designe forskellige hydrologiske regimer og forskellige levesteder som enge, rørskove, små pileskove og lunde. Flere vådområder og søer er forbundet med hinanden. Stedet er ikke oplyst om natten for at opretholde en "mørk korridor" for fugle og flagermus. Med hensyn til vegetation er der blevet plantet nogle arter, men de eksisterende træer er blevet beskyttet, og spontan vegetation er accepteret. Selvom hovedformålet er oversvømmelseshåndtering, rummer dette vådområde også en række levesteder for biodiversitet.

Siden 2020 er der blevet udført biodiversitetsovervågning (baseret på standardprotokoller fra programmer med borgerinddragende videnskab, der muliggør sammenligning over tid) af flere taksoner (natsværmere, guldsmede, græshopper, bestøvere, krybdyr, padder, planter, fugle, flagermus og små pattedyr som pindsvin, egern, rotter, harer). Efter tre år bekræfter de første resultater, at genopretningen af vådområder har en betydelig indvirkning på biodiversiteten og tilpasningen til klimaforandringerne. Mens Le Vignois-området oprindeligt var braklagt landbrugsjord, er lignende operationer på befæstede steder mulige med endnu større fordele.



VIGTIGE KONKLUSIONER

- Det er vigtigt at inddrage borgerne på et tidligt tidspunkt i projektet, da man ikke kan tage accepten af tilstedeværelse af vand i byområder for givet. Der skal gøres op med forudfattede meninger om renlighed eller tilstedeværelsen af myg, før projektet kan gå i gang.
- Oprettelsen af vådområder kan planlægges på flere forskellige skalaer for at forbinde genoprettede vådområder, lette arternes bevægelse og styrke den blå forbindelse.
- På større steder er det tilrådeligt at skabe forskelligartede levesteder (enge, rørskove, lunde), der tilbyder en række økologiske nicher for forskellige taksoniske grupper.
- Overvågningen efter projektet skal vurdere projektets indvirkning på biodiversiteten og forbedre kendskabet til renaturering i bymiljøer.

CASE 12

RENATURERING OG LANDSKABSÆNDRING I BROWNFIELD-OMRÅDET PRÉS DE VAUX I BESANÇON (BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ)

I korte træk: Omdannelse af et brownfield-område, der forårsager en varmeø og oversvømmelsesrisiko, til en 5 hektar stor park, der vil hjælpe med at bekæmpe begge risici og samtidig tilbyde et rekreativt område for befolkningen.

Les Prés de Vaux er et brownfield-område, der blev forladt for 30 år siden. Det ligger i en krumning af Doubs-floden nær Besançons centrum i en oversvømmelseszone og er stærkt forurenet på grund af sin industrielle fortid. Jorden er helt uigennemtrængelig på grund af bygninger og jordbefæstelse. Stedet er ikke kun en betydelig varmeø nær byens centrum. Det øger også risikoen for oversvømmelser betydeligt, hvis Doubs skulle gå over sine bredder. Byrådet i Besançon købte en del af grunden for at rive bygningerne ned og omdanne stedet til en 5 hektar stor park. Målene er at fjerne befæstelse og genoprette naturlige miljøer for at reducere varmeøeffekten og genoprette en flodslette opstrøms for byens centrum, at skabe en kulturel sti, der fremhæver stedets historie som svar på anmodninger fra lokalsamfundet og at diversificere miljøer ved systematisk at anvende økologiske eller passive forvaltningsmetoder. Oversvømmelsesområdet er blevet genetableret opstrøms for byens centrum; en kultursti, der fortæller om stedets historie, er blevet oprettet som svar på ønsker fra borgerne, og nogle af de bygninger, der

vidner om den industrielle fortid, er ved at blive omdannet til faciliteter for sportsklubber.

Nedrivningen begyndte efter, at der var foretaget en analyse af plante- og dyrelivet. De vandløbsnære skovområder og de områder, hvor befæstelse er blevet fjernet, vil blive beplantet, og naturen vil få lov til at gå sin gang. Beplantning og såning af frø vil blot fremskynde den naturlige rekolonisering af parken. Frøene blev indsamlet af kommunens medarbejdere i de omkringliggende naturområder (flodbredder, skråninger osv.). Specifikke kombinationer er blevet sammensat i henhold til de forskellige miljøer, der skal genoprettes. Mange miljøer har dårlig, overfladisk jord, der tilskynder til vækst af pionerflora, hvilket gør det muligt at se de forskellige faser af stedets transformation. Der vil blive udvist særlig omhu for at undgå invasive eksotiske arter under og efter arbejdet. Nogle bygninger vil blive bevaret og brugt til fritidsaktiviteter. Der vil blive anlagt særlige haver for at skabe overgangen mellem de genoprettede områder og de områder, der forbliver uberørte for at bevare mindet om stedets historie. Princippet i disse haver er at fremme naturlig rekolonisering på betonplader, hvor der tidligere stod bygninger, og på tidligere trafikveje.

Der vil blive fjernet befæstelse på i alt over 2,5 hektar, herunder 1,8 ha, der er afsat til skabelse af naturlige miljøer. Skabelsen af nye levesteder (tørre græsarealer, almindelige græsarealer, tætte buske, beplantede lavninger og vandopsamlingsbassiner, etc.) og implementeringen af økologiske forvaltningsmetoder vil gøre det muligt at skabe refugier for biodiversiteten.



Brownfield-grunden Près de Vaux i Besançon, som ligger i et sving ved Doubs-floden ©Gwendoline Grandin

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Ved at genbruge jord og murbrokker fra selve stedet undgår man at skulle transportere materiale (hvilket skaber CO₂-emissioner) og overfører påvirkninger til andre steder, hvor eksporteret materiale ville blive opbevaret, eller hvorfra muldjord ville blive fjernet.
- Genopretningsarbejde kan kombinere de to typer af renaturering: passiv og aktiv. Til gensåning bør man bruge lokale arter. Det er muligt at blande frø, der er høstet fra naturlige områder omkring stedet. Dog skal man være forsigtig med ikke at "plyndre" disse områder, hvilket kan begrænse deres egen kapacitet til fremtidig regenerering.
- Det kan være en mulighed at beholde mager jord for at fremme pionerplanter eller planter, der er specifikke for denne type jord. Mange bemærkelsesværdige eller dårligt bevarede plantearter vokser kun i denne type miljø.



CASE 13

**AGGLOPOLYS-FLODSLETTEN
(CENTRE VAL-DE-LOIRE)**

I korte træk: en gradvis mindskelse af fortætningen af et 60 hektar stort område for ikke kun at skabe en flodslette, der kan hjælpe med at håndtere oversvømmelsesrisikoen, men også funktionelle natur- og landbrugsområder.

I overensstemmelse med sin plan for forebyggelse af oversvømmelsesrisici har Agglopolys, *communauté d'agglomération* (lokalråd) i Blois, i næsten sytten år genskabt en flodslette for Loire-floden i et distrikt kaldet La Bouillie. Det 60 hektar store område, der ligger på Loire-flodens sydbred, er gradvist ved at blive afurbaniseret. Der er udpeget en *zone d'aménagement différencié* (zone med gradvis udvikling), som giver Agglopolys mulighed for at købe bygninger og huse, der er til salg, før de rives ned, så grundene kan genoprettes.

Siden 2004 er 132 bygninger blevet købt og revet ned ud af de 143, der er blevet identificeret. Forskellige undersøgelser af områdets historie, landskab, økologi, hydrologi osv. har gjort det muligt at planlægge den fremtidige anvendelse af La Bouillie. Ud over at håndtere flodoversvømmelser sigter projektet mod at genoprette funktionelle naturområder (buskadser, enge, levende hegn, vådområder) og landbrugsområder (gårde, offentlige eller almenyttige frugtplantager, kolonihaver). Det nye område bliver også et attraktivt sted at gå ture, hvor borgerne igen får forbindelse til Loire-floden, Cosson-floden og Russy-skoven. Dette program er langt fra hugget i sten, men danner grundlag for debatter og diskussioner, som alle lokale interessenter kan bidrage til. Workshops og offentlige høringer blev afholdt i 2021 for at forbedre deltagelsen og fremme lokalsamfundets påskønnelse af projektet.



La Bouillie-distriktet, der skal afurbaniseres for at genskabe en flodslette ©Agglopolys

VIGTIGE KONKLUSIONER

- For at håndtere risikoen for oversvømmelse er det muligt at indføre en gradvis jordopkøbsordning med henblik på at gennemføre projekter til mindskelse af fortætning, der i sidste ende vil gøre det muligt at genoprette en flodslette.
- Hvis området er stort nok, kan en række områder genoprettes: nogle til biodiversitet (enge, skovområder, vådområder) og andre til landmænd og lokale borgere (frugtplantager, der drives af foreninger, kolonihaver).

CASE 14

**GENOPRETNING AF PETIT ROSNE I SARCELLES
(ÎLE-DE-FRANCE)**

I korte træk: genopretning af en kanaliseret og overdækket flod for at håndtere oversvømmelser på grund af afstrømning samtidig med, at der skabes nye levesteder for biodiversitet og et sted, som borgerne kan nyde.

I 1992 lå centrum af Sarcelles under 1,50 meter vand efter kraftige storme. Petit Rosne, der var indhyllet i beton, kunne kun løbe over, når vandstanden steg. Efter flere års undersøgelser besluttede Syndicat mixte d'Aménagement Hydraulique du Croult et du Petit Rosne (SIAH) i samarbejde med Sarcelles' byråd at åbne en del af denne glemte flod. Arbejdet begyndte i 2014 med det formål at kontrollere oversvømmelsesrisikoen og genoprette naturen i dette byområde. Langs en 165 meter lang strækning blev der gravet en ny flodbund, bredderne blev forstærket og beplantet ved hjælp af økologiske teknikker som en del af projektet. På trods af manglen på tilgængelig plads og den høje grad af urbanisering i området er Petit Rosne vendt tilbage til sit oprindelige forløb, og en række ekstra faciliteter har gjort stedet helt tilgængeligt.

Da floden var blevet dækket til og flød langs en betontunnel, kunne der ikke foretages en forudgående opgørelse af vandløbet. Ikke desto mindre blev der foretaget en registrering af dyrelivet på jorden i 2010, før arbejdet gik i

gang. Dette understregede potentialet for et område med våd skov vinkelret på den nye slyngning. Den eksisterende skov blev derfor bevaret, både på grund af dens værdi som landskabslement og på grund af dens økologiske potentiale. En opgørelse over plante- og dyrelivet efter projektet blev udført i 2017/2018 og lagde grunden til et langsigtet overvågningsprogram, der omfatter fisk, flagermus, natsværmere, fugle og planter. Vandkvaliteten blev også målt opstrøms og nedstrøms i 2018. Et par måneder efter, at projektet var afsluttet, blev de første akvatiske arter (hundestejler og akvatiske makroinvertebrater) observeret.

I marts/april 2018 blev der gennemført en undersøgelse blandt brugerne af denne flodstrækning for at vurdere offentlighedens opfattelse af hver fase af projektet: igangsættelse, genopretningsarbejde og daglig forvaltning. Undersøgelsen viser, at en tilbagevenden til naturen i byområder kræver bevidsthed fra borgernes side, og at mere omfattende kommunikation i de indledende faser, under arbejdet og efter projektet ville have resulteret i en bedre accept af stedets "vildhed" (uklippede grøftekanter, diversitet af plantearter osv.). Siden da har SIAH gjort det til en strategisk del af sit arbejde at rådføre sig med borgerne. Åbningen af floden er ikke desto mindre en del af en dynamik med lokal genanvendelse, som vil fortsætte med etableringen af undervisningshaver på flodbredden.



Før og efter åbningen af floden i et tæt bebygget område i Sarcelles ©SIAH Croult et Petit Rosne

**VIGTIGE KONKLUSIONER**

- Genopretningen af vandløbet, som var helt dækket af beton, kræver stor ekspertise inden for anlægsarbejde og økologisk teknik.
- Skabelsen af en varieret hydromorfologisk profil (sinuositet, strømningshastigheder, solskin, skygge) sikrer varierede muligheder for redebygning, føde og reproduktion for forskellige arter, der er afhængige af vandmiljøet.
- Forvaltningen af det renaturerede område skal plantægges så tidligt som muligt, både med hensyn til de tekniske aspekter (vedligeholdelse af vegetationen, overvågning af biodiversiteten) og de sociale aspekter (sikkerhed, affaldshåndtering, kommunikation med de lokale borgere). Samarbejde med befolkningen gør det lettere at acceptere projekter til genskabelse af vådområder.

Renaturering for at begrænse afstrømning

På initiativ fra vandmyndigheden bliver beplantede områder i stigende grad brugt som en alternativ metode til at håndtere regnvand. Disse teknikker har den fordel, at de er tæt på den naturlige vandcyklus, idet de udnytter den naturlige jordinfiltration, skabelsen af flere beplantede områder og rehabiliteringen af vådområder og floder. De beskytter kvaliteten og mængden af vandrelaterede ressourcer (reducerer mængden af forurenede vand, der udledes i miljøet, og genopfylder grundvandet naturligt) og reducerer risikoen for oversvømmelse og afstrømning. Flere byer i Paris-regionen erstatter gradvist grå infrastruktur (betontanke, kunstige bassiner) med regnvandshåndteringsløsninger og grønne områder, der kan oversvømmes. Flere publikationer har vist, at disse løsninger har potentiale til at skabe et levested for biodiversitet (*Monberg et al, 2019*). Visse udviklinger er dog ikke meget mere end landskabspleje. Specialister har også understreget behovet for at forbedre design og drift af regnvandshåndteringssystemer (forbedring af strukturel diversitet og uregelmæssigheder på flodbredder, lettere slåning osv.), så de har en positiv indvirkning på biodiversiteten (*Oertli et al, 2019*). Disse løsninger skal tage hensyn til behovet for, at arter, der lever i disse miljøer, kan bevæge sig ved at tilskynde til fjernelse af uoverstigelige barrierer (hegn osv.), der forhindrer forbindelse til andre vådområder eller grønne områder (*Ahn et al, 2019*). Mere effektive partnerskaber mellem anlægsgartnere og byøkologer kan hjælpe med at justere design- og forvaltningspraksis og opnå en mere effektiv bevarelse af biodiversiteten. Som metoden i denne vejledning viser, har de lokale myndigheder en meget stor mængde befæstede og brolagte arealer til rådighed, hvor befæstelsen kan fjernes, og som kan beplantes for at håndtere regnvand i områder, der er udsat for afstrømning. Der findes en række forskellige løsninger på alle skalaer. Forbedret vandforvaltning kræver primært tilstedeværelse af træer, som er i stand til at oplagre store mængder regnvand. Forbedring af regnvandshåndteringen indebærer genopretning af recipientmiljøer som vådområder og sikring af tilstedeværelsen af træer, som er i stand til at oplagre store mængder vand, selvom denne oplagringskapacitet varierer mellem arter og stiger med træets størrelse og alder.

CASE 15**FRA GRÅ INFRASTRUKTUR TIL ALTERNATIV REGNVANDSHÅNTERING (ÎLE-DE-FRANCE)**

I korte træk: grønne områder, der kan oversvømmes, skal erstatte underjordiske vandtanke i *departementet Seine-Saint-Denis*.

Renaturering i bymiljøer kan gøre det muligt at erstatte grå infrastruktur med økosystemer, der er i stand til at håndtere regnvand og afstrømning. Alternative løsninger til regnvandshåndtering som f.eks. beplantede lavninger, grøfter, bassiner og parker, der kan oversvømmes, bliver i stigende grad brugt af kommunerne (*Monberg et al, 2019*). Siden begyndelsen af 1990'erne har *departementet* Seine-Saint-Denis fokuseret på at håndtere regnvand ved kilden for at aflaste mættede afløbssystemer under skybrud. I flere byer har kommunen skabt multifunktionelle landskaber, der løser problemet med regnvandshåndtering samtidig med, at de forbedrer levemiljøet og fremmer biodiversiteten i områder, hvor der ofte er langt mellem de grønne rum.

Zone d'aménagement concerté (ZAC: prioriteret udviklingsområde) i Clos Saint Vincent i Noisy-le-Grand blev skabt mellem 2002 og 2006 og er designet til at håndtere regnvand i det fri og gøre den offentlige park multifunktionel. "Kunstnerhaven", der dækker 2 hektar, kan oversvømmes og modtager afstrømning fra parken og de omkringliggende tage. Ved skybrud er haven i stand til at tilbageholde 570 kubikmeter vand, og hævede gangbroer gør det muligt for besøgende at bevæge sig gennem haven, når den står under vand. Haven og de omkringliggende faciliteter gør det muligt at undgå jordbefæstelse og kontrollere regnvandsafstrømningen samtidig med, at vandet bringes tilbage i byrummet som et visuelt element.

Renaturering for at bekæmpe effekter af varmere

Naturlige rum i byområder er med til at reflektere solens stråler, i modsætning til de fleste betonoverflader, som direkte absorberer solens energi og omdanner den til varme. Talrige videnskabelige undersøgelser bekræfter betydningen af vegetationen med hensyn til at reducere bytemperaturer gennem skygge og evapotranspiration,

især i de varmeste måneder, og dermed reducere den urbane varmeøffekt (Bowler et al, 2010).

Størrelsen og sammensætningen af grønne områder er også vigtige faktorer, der påvirker både den kølende effekt, og hvor langt den rækker. En undersøgelse foretaget i London påpeger, at områder på 5 til 15 hektar har en afkølede effekt på 0,6 til 1 grad, der kan måles 180 - 330 meter uden for undersøgelsesområdet (Monteiro et al, 2016), hvilket ikke er tilfældet for områder mindre end 0,5 ha, hvor effekten på omgivelserne er ubetydelig. ADE-

ME's (det franske energi- og miljøagentur) oversigt med titlen "Planning with Nature in Urban Areas" [29] beskriver denne sammenhæng og siger, at "*Inde i en park er forskellen i temperatur sammenlignet med bebyggede områder betydelig og varierer især i forhold til overfladearealet: 2,5 °C i en 20 hektar stor park og 1 °C i en 10 hektar stor park i Valencia; 2 °C i en 50 hektar stor park og 3 °C i en 200 hektar stor park i Berlin.*"



Etablering af en park, der kan oversvømmes, i Clos Saint-Vincent-distriktet i Noisy-le-Grand ©Département de Seine-Saint-Denis

VIGTIGE KONKLUSIONER

- For at disse installationer skal være effektive med hensyn til vandabsorption, er det vigtigt, at de forbliver dækket af vegetation, og at jorden ikke komprimeres. Vegetationens højde og tilstedeværelsen af flere plantelag bremser regnvandet, før det når jorden, og giver det mere tid til at blive absorberet.
- Midlertidige vådområder er lige så værdifulde som permanente og huser forskellige grupper af arter. Det er vigtigt at dele information om de specifikke egenskaber ved sådanne levesteder.
- Overdreven forvaltning af disse områder har ofte en negativ indvirkning på biodiversiteten. Forskerne foreslår, at man drastisk reducerer forvaltningsinterventionen (især slåning) for at give floraen mulighed for at trives. Tæt slåning omkring søernes kanter er katastrofalt for hvirvelløse dyr.
- Det er nødvendigt at undgå nedtrampning og holde køretøjer væk fra områder, der letter vandinfiltration (for eksempel ved at sikre, at de er dækket af tætte buske).

CASE 16

**TIERCE FORÊT I AUBERVILLIERS M
(ÎLE-DE-FRANCE)**

I korte træk: omdannelse af en beboerparkeringsplads til et rekreativt område designet til at bekæmpe effekten af urbane varmeøer.

Projektet Tierce Forêt ("Den tredje skov") omfattede renaturering af en parkeringsplads og en befæstet plads foran en bygning i Aubervilliers. Målet var at forbedre levestandarden for beboerne i bygningen og at reducere den særligt høje varmeøeffekt på stedet. Projektet udsprang af ideen om at omdanne parkeringspladsen foran bygningen, et hostel for unge arbejdere, til en krydsning mellem en park og et torv til brug for beboere og ansatte. En jordbundsanalyse vurderede den eksisterende jords agronomiske, fysiske, kemiske og biologiske kvalitet og satte gang i en samtale om, hvordan man med genopretningsteknikker på stedet kunne undgå at skulle hente muldjord andre steder fra. Jorden blev genoprettet ved hjælp af dekomprimeret jord fra stedet, nedrivningsmaterialer og kompost. For at

genoprette vandkredsløbet blev de befæstede områder erstattet af gennemtrængelig jordbelægning, herunder adgangsvejen for tunge køretøjer, der skulle bevares for at give brandvæsenet adgang til bygningen. Et regnvandsreservoir blev bygget af lerjord for at undgå brugen af betonkonstruktioner i jorden. For at undgå brug af plastik er de nye afløb fremstillet af terrakotta. Reservoiret er en nyttig vandkilde for træerne og forlænger den kølende effekt i tørkeperioder. Med hensyn til beplantningsstrategien har målinger af solindstrålingen været vejledende for valget af de områder, der skal beplantes. Ideen var at have en stor overdækning, hvor de omkringliggende bygninger giver mindst skygge. De plantede arter er lokale og udvalgt efter deres evne til at modstå bymæssige forhold. Der blev også skabt mykorrhiza for rødderne for at hjælpe planterne med at optage vand og mineraler fra jorden. Sidst, men ikke mindst, blev der installeret en vejstation for at overvåge projektets effektivitet. Tidlige undersøgelser viser en gennemsnitlig temperaturreduktion på 2 °C under overdækningen, og den oplevede temperatur siges at være op til 6 °C lavere end før.



Udskiftning af en parkeringsplads med en kølig ø. ©FIELDWORK Archi



VIGTIGE KONKLUSIONER

- Ved at bruge opgravet jord og nedrivningsaffald fra selve stedet til at genopbygge jorden reducerer man det økologiske fodaftryk fra arbejdet.
- Forundersøgelser (varmekortlægning, jordbundsanalyse) giver vigtige oplysninger til effektiv renaturering.
- Etablering af overvågningsprogrammer gør det muligt at vurdere, hvor vellykket projektet har været med hensyn til at reducere temperaturer og effekten af urbane varmeøer, og at foretage justeringer, hvor det er nødvendigt.
- Et egetræ kan oplagre op til 200 liter vand om dagen, hvoraf det meste frigives gennem transpiration i gasform. En amerikansk undersøgelse har vist, at træerne i New York City er med til at reducere afstrømningen af ca. 2 millioner kubikmeter regnvand om året, svarende til 4,6 millioner dollars årligt (Nowak et al, 2018).



RENATURERING FOR AT FORBEDRE SUNDHEDEN OG LEVEMILJØET

Jordbæftelse påvirker sundhed og trivsel: Det er en forværende faktor, om ikke årsagen, til fænomener som oversvømmelse og urbane varmeøer, som har mange negative indvirkninger på sundheden. Urbane varmeøer forårsager f.eks. flere dødsfald under hedeølger og har indirekte effekter som f.eks. at øge koncentrationen af luftforurenende stoffer.

En gennemgang af den videnskabelige litteratur udført af Plante & Cité har identificeret over 300 publikationer, der viser fordelene ved naturområder for den fysiske og mentale sundhed (Meyer-Grandbastien et al, 2021). Renaturering af bymiljøer er således en måde at forbedre levemiljøet og trivslen for byboere på. For at identificere områder, hvor man kunne prioritere fjernelse af bæftelse, blev sårbarheden over for varmeøeffekter, luftforurening og mangel på grønne områder undersøgt.

KRITERIER FOR LOKALISERING AF PRIORITEREDE OMRÅDER

Sårbarhed over for effekten af urbane varmeøer

Urbane varmeøer forårsager et betydeligt antal ekstra dødsfald i perioder med ekstrem varme. Nattesøvn og restitution påvirkes, og risikoen for at dø er dobbelt så høj blandt mennesker, der udsættes for varme, især om natten, og når en hedeølge varer en uge eller længere.

Denne risiko øges, når der tilføjes andre individuelle faktorer (eksisterende helbredsproblemer, alder, indkomst osv.) eller faktorer, der vedrører boligens miljø (placeret under et tag, placeret i et område med varmeøer, begrænset adgang for læger eller nødtjenester osv.).

Sårbarheden over for virkningerne af urbane varmeøer blev analyseret ved hjælp af indikatoren "Sårbarhed" i projektet med titlen "Adapting the Paris Region to Urban Heat" (Cordeau, 2017), der blev udført af Paris Region Institute. Princippet om sårbarhed involverer flere elementer: et områdes og et lokalsamfunds eksponering for en fare (her varmeøeffekten), den udsatte befolknings følsomhed og skrøbelighed og dens evne til at håndtere faren ved at forudse den, reagere på den eller modstå den. Når det drejer sig om urbane varmeøer, afhænger sårbarheden således ikke kun af, hvor udsat man er for faren (høj, moderat eller lav), men også af følsomheden (f.eks. på grund af alder) og evnen til at klare sig (f.eks. hvis der findes en kølig ø). Inden for rammerne af denne undersøgelse giver høj sårbarhed cellen en score på 0, moderat sårbarhed scorer 1 og lav sårbarhed scorer 2.

7 Denne indikator beregnes på grundlag af "fareindikatoren" (jf. kapitel 2.4.1.1), en "følsomhedsindikator" (tilstedeværelse af et plejehjem, andel af befolkningen, der er følsom på grund af alder, boligthed osv.) og en "håndteringsindikator" (mangel på offentlige grønne rum, nærhed til skadestue, andel af husstande med lav indkomst osv.) Sårbarheden om natten blev taget i betragtning, da det er her, varmeøeffekten er mest udtalt.

KRITERIER	TÆRSKLER	SCORE	KILDE
Sårbarhed over for effekten af urbane varmeøer	Høj	0	Cordeau, 2017; Pascal et al, 2021; Basagaña et al, 2011; Urban green spaces and health, 2016
	Middel	1	
	Lav	2	
Luftforurening (koncentration af PM2.5 µg/m³/år)	≥ 15	0	Articles R221-1 à R 221-3 du Code de l'Environnement; World Health Organization, 2006
	≥ 10 et < 15	1	
	≥ 5 et < 10	2	
	< 5	3	
Mangel på grønne rum	Høj	0	Cox et al, 2017; Szulczewska et al, 2014
	Middel	1	
	Lav	2	

TABEL 8. Kriterier, tærskler og bibliografiske ressourcer, der bruges til at identificere byområder, hvor sundhedsrisiciene er størst.

Lufforurening

Luftforureningen blev analyseret på baggrund af partikkelkoncentrationer kaldet PM2.5, med andre ord partikler med en diameter på 2,5 mikrometer (μm). Disse partikler har mange kilder, men boligsektoren og biltrafikken er de to største syndere i Paris-regionen [30]. I Frankrig er der 48.000 for tidlige dødsfald om året på grund af partikler, hvis diameter er mindre end $2,5 \mu\text{m}$ i den fri luft [31]. PM2.5-koncentrationer blev valgt til at vurdere luftkvaliteten, fordi de udgør en betydelig sundhedsrisiko (Pascal et al, 2016), og fordi forskning i plantebaseret luftrensning hovedsageligt er blevet udført på denne type partikler (Prigioniero et al, 2021; Selmi, 2016).

De anvendte data kommer fra foreningen Airparif og svarer til den gennemsnitlige PM2.5-koncentration i 2014 - 2018. Tærskelværdierne for tildeling af scorer blev valgt på baggrund af de mål, der blev sat på Grenelle de l'Environnement ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$) og WHO's anbefalinger ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$ med en mellem-tærskel på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$) [32].

På baggrund af ovenstående målsætninger scorer cellerne 0 point for områder, hvor koncentrationen er $15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$ eller mere, 1 point hvor den er mindre end $15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$ men højere end $10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$, 2 point, hvor den er lavere end $10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$ men højere end $5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$, og 3 point, hvor den er lavere end $5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$.

Mangel på grønne rum

Flere undersøgelser har vist de sundhedsmæssige fordele ved natur i byområder. Tilstedeværelsen af naturlige rum hjælper med at reducere angst (Hystad et al, 2019) og depression (Beute et al, 2020), forbedre humøret (Sonntag-Öström et al, 2014) og forbedre opmærksomhedsspændvidde og koncentration (Kaplan et Kaplan, 1989). Selvom der ikke er behov for yderligere beviser for naturens sundhedsmæssige fordele (Meyer-Grandbastien et al, 2021; Plante & Cité, 2021; [33]), er der behov for yderligere forskning for at få en bedre forståelse af de direkte og indirekte forbindelser mellem natur og sundhed. Flere forskningsprojekter har også haft held til at fremhæve tærskler, over hvilke der observeres positive effekter på sundheden. I 2017 har en amerikansk undersøgelse vist, at tilfælde af stress og angst kunne reduceres med 17% eller 25%, hvis plantedækket oversteg henholdsvis 20% eller 30% (Cox et al, 2017) inden for en radius af 250 meter fra, hvor folk bor. En polsk undersøgelse anbefaler mindst 45% plantedække eller vandmiljøer (Szulcowska et al, 2014) i boligkvarterer for at sikre tilstrækkelig luftkøling, gennemtrængelighed for regnvand og evapotranspiration under hedebløt.

For at beskrive manglen på naturområder blev to komponenter undersøgt: (i) mangel på grønne rum, der er åbne for borgerne, og (ii) et vegetationsindeks (fastlagt på baggrund af plantedække).

(i) Undersøgelsen af manglen på offentlige grønne rum var baseret på data fra undersøgelsen udført af Paris Region

VEGETATIONSINDEKS	
Plantedække	Værdi
Dække < 30%	0
$30\% \leq \text{Dække} < 45\%$	1
Dække $\leq 45\%$	2

TABEL 9. Tildeling af scorer for de 2 undersøgte komponenter (vegetationsindeks og adgang til offentlige grønne rum).

OFFENTLIGE GRØNNE RUM	
Type af mangel	Værdi
Begge dele	0
Mangel på plads	1
Manglende adgang	1
Ingen	2

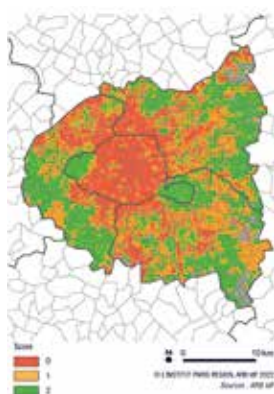
MANGEL PÅ OFFENTLIGE GRØNNE RUM VEGETATIONSINDEKS				
	BEGGE (= 0)	MANGEL PÅ PLADS (= 1)	MANGLENDE ADGANG (= 1)	INGEN (= 2)
Lav (= 0)	0 → 0	1 → 0	1 → 0	2 → 1
Moderat (= 1)	1 → 0	2 → 1	2 → 1	3 → 2
Høj (= 2)	2 → 1	3 → 2	3 → 2	4 → 2

TABEL 10. Tabel med kombination af (i) mangel på offentlige grønne rum og (ii) vegetationsindeks

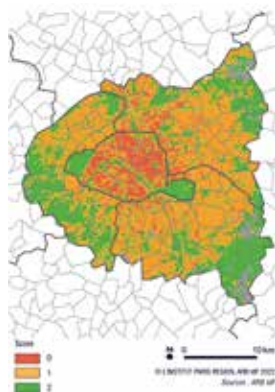
Institute som en del af den Grønne Plan fra 2017 (bilag 5), som skelner mellem tre typer af mangelfulde zoner: zoner, der mangler tilgængelighed; zoner, der mangler både grønne rum og tilgængelighed; og zoner, der ikke mangler nogen af disse.

(ii) Vegetationsindekset blev undersøgt i henhold til de tærskelværdier, der blev fremhævet i den ovenfor anførte forskning.

Ved at lægge de to komponenter sammen (mangel på offentlige grønne områder + vegetationsindeks) er det muligt at skelne områder med betydelige mangler fra områder uden mangler. Den endelige score omklassificeres, så den ligger mellem 0 og 2 (værdi med fed skrift). Derefter tildeles cellerne en score i forhold til manglen på naturlige rum: betydelig mangel scorer 0, moderat mangel 1 og lav mangel 2.



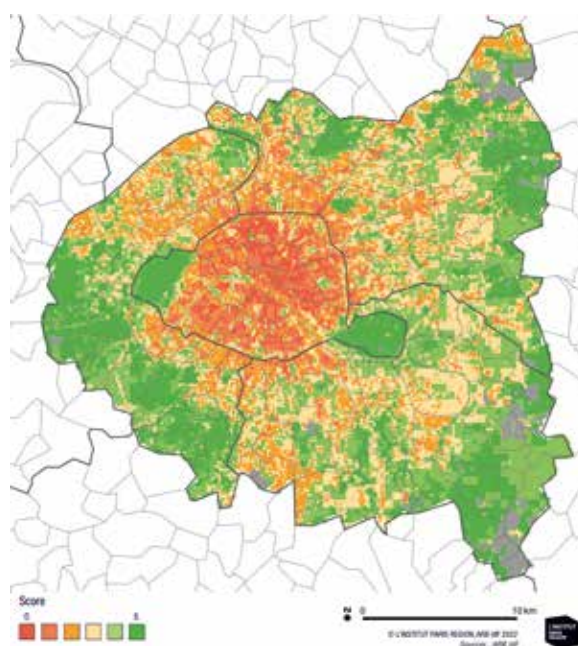
Mangel på grønne rum



Sårbarhed over for urbane varmeøer



Udsættelse for luftforurening med PM2.5



Overordnet kort over risiko for sundhed og trivsel

FIGUR 14. Kartografiske resultater af undersøgelsen af de valgte kriterier (venstre) og overordnet kort over befolkningens sundhed/levemiljø i forhold til de kriterier, der er undersøgt her, svarende til summen af kriteriescorer (højre). De viste resultater vedrører kun Paris og dens indre forstæder.

HVOR SKAL RENATURERING FINDE STED FOR AT FORBEDRE SUNDHED OG LEVEMILJØ?

I overensstemmelse med den metode, der er beskrevet på side XX, blev celler med en score fra 0 til 2 defineret som prioriterede renatureringszoner. En kartografisk analyse viser, at de byområder, hvor sundhedsrisikoen er størst, ligger i Paris og dens nærmeste forstæder. Det ser ud til, at de undersøgte risici stiger med fortætningen: Jo tættere et område er, jo færre grønne områder har det, og jo højere vil varmeeffekterne og koncentrationerne af forurenende stoffer fra køretøjer være. Hvad angår PM2.5-forurening, er det vigtigt at bemærke, at ingen zoner overholder WHO's anbefaling på $5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$, og kun få områder i de ydre forstæder ligger under grænsen på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{år}$. Det skal også huskes, at analysen kun tog højde for faktorer, hvor renaturering kan have en gavnlig effekt (skabelse af en køleø, reduktion af manglen på grønne områder, bidrag til reduktion af luftforurening). Resultaterne kan ikke ekstrapoleres til andre undersøgelser vedrørende borgernes trivsel, da det ville kræve yderligere oplysninger (om andre forurenende stoffer end PM2.5, kriterier for levestandard osv.).

FEEDBACK OG ANBEFALINGER

Hvis et renatureringsprojekt skal forbedre sundheden og levemiljøet, er det vigtigt først at kende dets mål (forbedring af luftkvaliteten, bekæmpelse af varmeøer, forbedring af trivsel osv.) Selv om det vil være en klar fordel for levemiljøet at øge antallet af naturområder, må man ikke glemme deres økologiske kvalitet. Der er for nylig blevet tilskrevet mere betydelige fordele med hensyn til mental sundhed til let forvaltede naturområder (med mindre slåning og ingen beskæring) (Clark et al, 2014). Andre undersøgelser har fremhævet betydningen af biologiske komponenter i rekreative områder. For eksempel menes antallet af visuelle interaktioner med fugle at være for-

bundet med lavere niveauer af stress (Cox et al, 2017). Med henblik på at forbedre alle aspekter af sundhed (fysisk, mentalt og socialt) kan der gives flere anbefalinger. Det drejer sig især om følgende:

- Tilbyde flere naturlige rum og afhjælpe mangler i de pågældende områder.
- Reducere antallet af betonoverflader, som absorberer varme, og i stedet lægge vægt på vegetation.
- Skabe et kronetag, der kan give skygge og fremme evapotranspiration for at reducere varmeøeffekten.
- Bruge arter, der kan binde luftforurenende stoffer, til at forbedre luftkvaliteten.
- Bruge borgerinddragende tilgange, der gør borgerne til forandringsagenter og fremmer social interaktion.

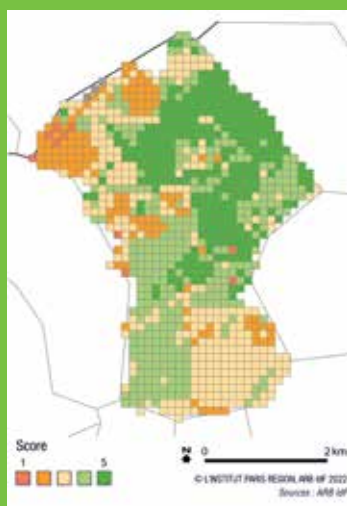
Renaturering for at forbedre temperaturkomforten i byområder

Naturområder kan være med til at forbedre temperaturkomforten i byerne, især under hedeølger. De reflekterer sollyset, så man undgår ophobning og frigivelse af varme. Om sommeren tillader kronetaget kun 10-30% af sollyset at trænge igennem, afhængigt af træarten, hvilket giver skygge og reducerer de oplevede temperaturer. Planter er også kilden til evapotranspiration, som kombinerer fordampning (vandet i jorden og vandmasserne frigives i gasform) og transpiration (vandet i bladene udsondres for at opretholde plantens temperatur). Evapotranspiration afkøler således luften takket være frigivelsen af en stor mængde vanddamp. Men for at vegetationen kan afkøle en by, skal den have vand til rådighed i meget varmt vejr. Sparsom vanding med opsamlet og lagret regnvand kan derfor være nødvendigt. Fordelene ved naturområder i forhold til varmeøer og temperaturer er dog meget lokale. Flere renatureringsprojekter skal rulles ud for at maksimere deres effekt. Vegetationstypen skal også tages i betragtning: byskove med flere lag er for eksempel mere effektive end høenge til at forbedre temperaturkomforten.

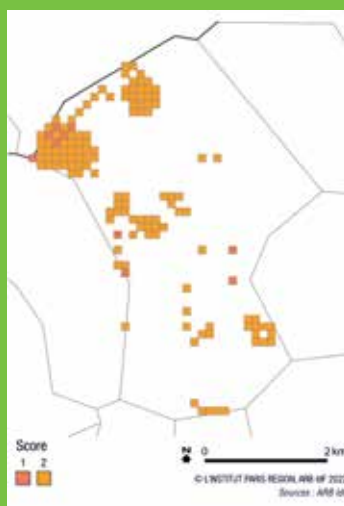
EKSEMPEL PÅ, HVORDAN METODEN BLEV ANVENDT I BYEN AULNAY-SOUS-BOIS

Resultaterne afslører i alt 162 celler, hvor der er sundhedsrisici, eller som har et forringet levemiljø (score: 1 eller 2). Disse er spredt over hele området, og risikoen

skyldes hovedsageligt mangel på grønne rum og/eller befolkningens sårbarhed over for effekter af urbane varmemøer. De 993 resterende celler tyder ikke på særligt høje risici i forhold til de kriterier, der er undersøgt her (score: 3 - 5).



Overordnet analyse, udfordringen "Sundhed og levemiljø"



Identifikation af prioriterede renatureringszoner



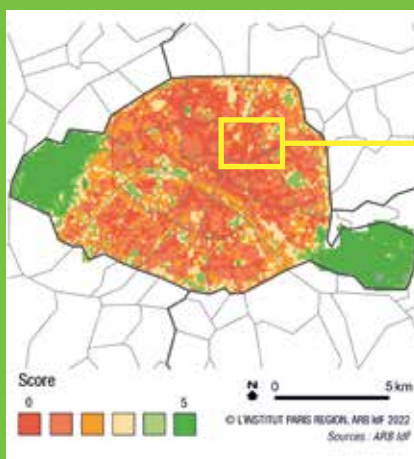
Lokalisering af steder, hvor befæstelse potentielt kan fjernes med efterfølgende renaturering

FIGUR 15. Identifikation af steder, hvor befæstelse kan fjernes, i højrisikoområder for at forbedre sundheden og/eller levemiljøet i Aulnay-sous-Bois (Paris-regionen, *departementet* Seine-Saint-Denis).

EKSEMPEL PÅ FORTOLKNING, BYEN PARIS

Byen Paris er et område med stor mangel på grønne rum. Kortet (figur 16) fremhæver et kraftigt befæstet byområde i byens centrum, som derfor er meget udsat for luftforurening og effekter af urbane varmemøer. Fortætningsgraden medfører også en mangel på grønne områder, undtagen i områder, der støder op

til parker. Renaturering af denne type områder ville gøre det muligt at afhjælpe manglen på grønne rum, begrænse varmemøeffekten og i mindre grad reducere luftforureningen (som kun kan reduceres drastisk via foranstaltninger, der direkte begrænser forurenende emissioner).



FIGUR 16. Kort over risici for sundhed og trivsel i Paris



CASE 17

REHABILITERING AF RUE GARIBALDI I LYON (AUVERGNE-RHÔNE-ALPES)

I korte træk: omdannelse af en større vej i centrum af byen til en beplantet parkvej for at forbedre temperaturkomforten i byen.

Som en del af sin klimaplan gør Lyon Metropolitan Council byrummet grønnere for at reducere effekten af varmeøer i byerne. Det var målet, da en 3 kilometer lang strækning af Rue Garibaldi, en vigtig trafikåre, blev omdannet til en skyggefuld parkvej. Den første fase, der blev udført mellem 2014 og 2016, bevarede over 80 eksisterende træer

og plantede 150 nye træer, buske og urteagtige planter af forskellige arter, der opfyldte økologiske og æstetiske kriterier. Et af de særlige træk ved projektet er den måde, hvorpå vej-tunneller er blevet omdannet til regnvandsreservoirer. I perioder med ekstrem varme sker der ikke længere evapotranspiration, som afkøler luften. Ved at give træerne mulighed for at oplagre regnvand, kickstarter man evapotranspirationen og køler byen. Ifølge flere målekampagner udført på Rue Garibaldi sænkede træerne temperaturen med gennemsnitligt 1,78 °C til 2,33 °C i august 2016 og 2017. Hvad angår den oplevede temperatur, var forskellen mellem beplantede og ubeplantede områder op til 10 °C.



Oplevelse af vegetationens kølende egenskaber på den renaturerede Rue Garibaldi i Lyon ©Laurence Danière

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Vegetation, især træer, skaber skyggefulde områder, der filtrerer direkte sollys og giver højere niveauer af temperaturkomfort.
- Bevarelse af eksisterende træer bør være det primære mål for enhver strategi, der sigter mod at udvikle byens kronetag.
- Mekanismen for afkøling gennem evapotranspiration, som supplerer effekten af skygge, afhænger af tilgængeligheden af vand til planterne. Opsamling og opbevaring af vand gør det tilgængeligt under hedeølger, og man undgår at skulle bruge drikkevand.

CASE 18

BEGRØNNING VED FODEN AF VOLDENE I AVIGNON (PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR)

I korte træk: 1.900 parkeringspladser langs voldene, der forårsagede en urban varmeø, blev fjernet og omdannet til enge for at forbedre borgernes trivsel.

Voldene omkring den gamle bydel i Avignon er på UNESCO's Verdensarvsliste og er et af byens vigtigste kendetegn. Indtil 2010 var de ydre facader fyldt med parkeringspladser, der dannede en varmeø om sommeren. Fjernelse af befæstelse på 1.900 parkeringspladser gav plads til enge ved foden af voldene. De er beplantet med en række forskellige arter, der er tilpasset fuld sol eller halvskygge og middelhavsmiljøet. Arbejdet var også en mulighed for at skabe adgang til en skyggefuld promenade for fodgængere og cyklister. Desuden viser projektet, at det er muligt at gennemføre sådanne initiativer ved siden af fredede historiske monumenter og at overholde kravene fra tilsynet for historiske bygninger.



Grønt område ved foden af voldene efter fjernelse af befæstelse på parkeringspladserne ©Cécile Vo Van/Cerema

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Man skal være særlig omhyggelig med valget af plantearter. At foretrække lokale arter betyder, at de vil være bedre tilpasset det lokale klima og i stand til at modstå hedeølger, selv uden vanding.
- Renaturering er ikke uforenelig med fredede historiske monumenter. Det er muligt at imødekomme kravene fra tilsynet for historiske bygninger/kulturarvskommissionen osv. og opnå et resultat, der fremviser det eksisterende historiske sted.

Skabelse af nye rum for at forbedre luftkvaliteten

Planter bidrager til at forbedre luftkvaliteten ved at reducere koncentrationen af atmosfærisk CO_2 ved fotosyntese og af svævepartikler, som absorberes og aflejres på bladernes overflade (Litschke et Kuttler, 2008). I 2020 gennemførte Bruxelles Environnement en undersøgelse for at sammenfatte den videnskabelige viden om byvegetationens indvirkning på borgernes udsættelse for luftforurening, støj og ekstrem varme. Sammenfatningen bekræfter, at træer generelt er mest effektive i denne henseende, efterfulgt af buske og urteagtige planter. Nåletræer er generelt bedre til at filtrere partikelforurening (da de har en større interaktionsoverflade) og adsorbere flygtige organiske forbindelser. De er også effektive hele året rundt, da de ikke taber bladene om vinteren, med nogle få undtagelser. Løvfældende træer giver de bedste resultater med hensyn til at absorbere forurenende gasser (især NO_2 og O_3). Desuden kan grovbladede planter absorbere flere forurenende stoffer end glatbladede (Sæbø et al, 2012).

Vegetationens evne til at reducere lokal forurening afhænger af mange andre faktorer, såsom forureningens art, vejrforhold og planternes placering i forhold til den lokale forureningskilde (Baldauf et al, 2008). Anvendt på 4 kritiske zoner med hensyn til luftforurening vurderede Bruxelles Environnement, at maksimale begrønningsscenarier ville give en reduktion på 5 til 10% i de lokale koncentrationer af NO_2 . Undersøgelsen bekræfter dog, at naturbaserede løsninger generelt er utilstrækkelige til at reducere luftforureningen betydeligt, og at foranstaltninger til at reducere forurenende emissioner ved kilden fortsat skal prioriteres [34]. Renaturering af parkeringspladser og parkeringsområder langs veje kan også ses som en måde, hvorpå man kan reducere tilstedeværelsen af biler i bymiljøer og dermed bidrage til at forbedre luftkvaliteten.

CASE 19

FJERNELSE AF EN MOTORVEJ I SEOUL (SYDKOREA)

I korte træk: fjernelse af en 10-sporet vej (så der kun er 4 spor tilbage) for at skabe en 5 km lang parkvej og genoprette en flod.

I 2005 lancerede byen Seoul et stort projekt for at genoprette floden Cheonggyecheon, som flød under en 10-sporet vej med en 4-sporet motorvej ovenover. Der var flere mål med projektet. Det primære mål var at forbedre borgernes levemiljø og sundhed ved at reducere den luftforurening og støj, som de 170.000 daglige køretøjer skabte. Motorvejen blev fjernet, og kun 4 af de oprindelige 10 baner blev bevaret for at give plads til den genoprettede flod Cheonggyecheon og gangstier langs dens bredder. I dag flyder floden gennem en parkstrækning på over 5 kilometer, der tiltrækker 60.000 fodgængere hver dag.

Flere forskere har overvåget fordelene og understreget værdien af projektet med hensyn til oversvømmelsesbeskyttelse. Mellem arbejdet forud for genopretningen i 2003 og slutningen af 2008 steg antallet af plantearter fra 62 til 308, fisk fra 4 til 25, fugle fra 6 til 36, hvirvelløse vanddyr fra 5 til 53, insekter fra 15 til 192, pattedyr fra

2 til 4 og padder fra 4 til 8 (Revkin, 2009; Kim et al, 2009). Projektet har også bidraget til at reducere den urbane varmefølelse, idet temperaturerne langs floden er 3,3 °C til 5,9 °C lavere end på en parallel vej et par hundrede meter væk. Dette skyldes fjernelsen af motorvejen, flodens kølende effekt, den øgede mængde vegetation og den højere vindhastighed langs korridoren. Med hensyn til luftkvalitet har målinger bekræftet en reduktion på 35% i fine partikler, som er faldet fra 74 til 48 mikrogram pr. kubikmeter. Før genopretningsarbejdet var de lokale borgere dobbelt så tilbøjelige til at lide af luftvejssygdomme end dem, der boede andre steder i byen.

På trods af projektets miljømæssige resultater har forskere fremhævet konflikten mellem byrådet og en koalition af NGO'er omkring forskellige tilgange til renaturering. NGO'erne kritiserer manglen på økologisk autenticitet i det genoprettede vandløb (Cho, 2010), mens andre beklager den kunstige måde, hvorpå vegetationen er omgivet af beton på alle sider (Lévy, 2015). Projektet giver ikke desto mindre unikke oplysninger om nedbrydning af infrastruktur for at genoprette en flod og dens umiddelbare omgivelser.



Cheonggyecheon-genopretningsprojektet var centreret omkring revitalisering af Cheonggyecheon Stream, der i årtier havde været dækket af en motorvejsbro ©Global Designing Cities Initiative

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Renaturering af veje er en mulighed for at begrænse tilstedeværelsen af biler i byområder og dermed reducere udledningen af forurenende stoffer. Det er også en måde at gøre plads til fodgængere og opmuntre til aktiviteter, der er kendt for at forbedre sundheden. Selvom det er vigtigt, er det at gå til fods stort set blevet overset i fransk offentlig transportpolitik på trods af, at det er det førende transportmiddel i Paris-regionen. At give fodgængere mere plads i byområder er også en måde at imødegå udfordringer i forhold til folkesundhed, klima og levemiljø [35].
- Planternes evne til at absorbere forurenende stoffer afhænger af flere faktorer, såsom den valgte art, luftstrømmen, koncentrationen af forurenende stoffer, planternes placering osv. (Pugh et al, 2012). I alle scenarier er deres evne til at absorbere forurenende stoffer relativt lav og kan ikke retfærdiggøre, at man undlader at reducere emissionerne ved kilden.

CASE 20

BEKÆMPELSE AF LUFTFORURENING MED TRÆER (GRAND EST)

I korte træk: et teststed for luftforurening i Metz som en del af SESAME-undersøgelsen udført af CEREMA.

SESAME (Services EcoSystémiques rendus par les Arbres, Modulés selon l'Essence/Ecosystem - Tjenester ydet af træer, moduleret i henhold til art) er et innovativt projekt, der drives af byen Metz, Metz Métropole og CEREMA. Undersøgelsen udspringer af forskning, som byrådet i Metz har udført siden 2015, i, hvordan naturbaserede løsninger, især træer og buske, kan reagere på en række problemer i forbindelse med klimaforandringer, biodiversitet og luftkvalitet. SESAME identificerer de økosystemtjenester, som 85 arter af træer og buske leverer i form af luftkvalitet, støtte til biodiversitet, lokal klimaregulering, kulstofbinding, levemiljø og tilpasning til klimaforandringer. Den tager også højde for risikoen for allergier, produktionen af flygtige organiske forbindelser og fysiske begrænsninger (størrelse, rodsystem osv.). Undersøgelsen resulterede i udviklingen af et operationelt værktøj designet til byrådet og planlæggere, der hjælper med at vælge plantearter til ethvert projekt med grønne rum i henhold til en typologi af landskaber identificeret i regionen og gør det muligt at tilpasse sig begrænsninger og udnytte muligheder. Undersøgelsen

fortsætter med en analyse af yderligere 250 arter af træer, buske og klatreplanter og en undersøgelse af nye tjenester og begrænsninger.

Byen Metz' klimaplan omfatter træplantning i stor skala (20.000 træer skal plantes inden 2030). Træerne vil blive udvalgt på baggrund af resultaterne af undersøgelsen, idet kombinationen og mangfoldigheden af arter er vigtige anbefalinger for ethvert planteprojekt. Et SESAME-testområde blev oprettet i krydset mellem Boulevard de Guyenne og Boulevard Solidarité, som er meget trafikerede veje, der dagligt bruges af 4.000 til 9.000 køretøjer. ATMO Grand Est, en officielt godkendt forening, der overvåger luftkvaliteten, er blevet bedt om at vurdere stedet og fastslå vegetationens potentielle indvirkning på luftkvaliteten og dermed borgernes helbred. De forurenende stoffer, der måles som en del af undersøgelsen, er nitrogendioxid (NO₂) og partikler med en diameter på mindre end 10 µm (PM10), primært på grund af vejtrafik. Af de 18 udvalgte arter absorberer nogle forurenende stoffer (f.eks. det europæiske nældetræ), mens andre fremmer biodiversiteten (f.eks. sort hyld). Der vil blive opsat sensorer på stedet og i området overfor for at sammenligne planternes indvirkning på luftkvalitet og biodiversitet. Der vil blive gennemført målekampanjer hvert andet år for at kontrollere de plantede arters potentielle indvirkning på luftkvaliteten ved at sammenligne koncentrationer målt nær trafik, ca. 25 meter væk, og uden plantebariere i nærheden.



Plantning af træer på SESAME-testområdet i Metz. 14 arter blev udvalgt på grund af deres evne til at absorbere forurenende stoffer og være vært for det lokale dyreliv. ©City of Metz

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Planter kan fange luftforurenende stoffer, enten fordi de absorberer dem (forurenende gasser), eller fordi forurenende stoffer aflejres på deres overflade (fine partikler).
- Planternes effekt på luftkvaliteten er begrænset, men reel (Selmi et al, 2016). Det kræver udvikling af "byskoven" (Chrétien, 2019).
- Eksemplet med Eurométropole i Strasbourg viser, at træer kan fjerne 0,03% af CO₂, 7% af PM10, 1,5% af PM2,5 og 0,5% af SO₂ (Selmi et al, 2016).
- SESAME-undersøgelsen indeholder en tabel, der viser 85 træarters ydeevne med hensyn til at regulere især gasformig forurening [36].

Renatureringsprojekter udført af og for lokalsamfundet

Sundhed er tæt forbundet med kvaliteten af levested og adgangen til naturområder. At give mere plads til naturen i byområder, både hvad angår kvantitet og kvalitet, er en måde aktivt at forbedre trivslen på. Dette understøttes af en stor efterspørgsel fra lokalsamfundet og kommer til udtryk i vellykkede initiativer som "beplantningstilladelser", borgerstyrede budgetter og oprettelse af kolonihaver.

Renaturering af byområder er også en måde at bekæmpe det, som sociologer og økologer kalder "udslettelse af erfaring" (Miller, 2005). I de senere år har tværfaglig forskning om emnet, for eksempel Anne-Caroline Prévots arbejde ved Centre of Ecology and Conservation Sciences på Muséum National d'Histoire Naturelle, vist behovet for at bevare naturen i byområder for at give borgerne mulighed for at komme i kontakt med biodiversitet [37]. Det er gennem observation og daglig erfaring med flora og fauna, at mennesker udvikler en bekymring for og en interesse i dyre- og plantelivet. Man beskytter det, man kender. Disse oplevelser kan beriges ved at designe områder, der er særligt gode til at huse biodiversitet. Oplevelser med biodiversitet bidrager også til menneskers velbefindende (Fuller et al, 2007).

CASE 21

VILD HAVE PÅ EN TIDLIGERE PARKERINGSPLADS I AUBERVILLIERS (ÎLE-DE-FRANCE)

I korte træk: destruering af en ubenyttet parkeringsplads for at omdanne den til en stenhave og forbedre levestedet.

La Maladrerie er et boligområde, der blev bygget i 1980'erne i Aubervilliers, en by i *departementet* Seine-Saint-Denis. I udkanten af området var der udsigt til en parkeringsplads, som havde været ubenyttet i flere år. For at forbedre boligmiljøet arbejdede Wagon Landscaping og kunstneren Sylvie Da Costa, der bor i området, på bestilling af boligkontoret under byrådet i Aubervilliers i 5 dage på at skabe haven. Først blev belægningen på parkeringspladsen brudt op, og murbrokkerne blev liggende for at skabe en 1.600 kvadratmeter stor "stenhave", der er en blanding af et område med ubebygget jord og en botanisk have. Jord blev bragt ind, og 150 arter af stauder, buske og unge træer blev plantet for at kickstarte en proces med rekolonisering. I alt 2.000 planter blev introduceret, udvalgt for deres evne til at tilpasse sig ujævnt terræn og kun kræve lidt vedligeholdelse. Jardin des Joyeux vedligeholdes så lidt som muligt for at bevare sit rå, stenede udseende med asfalt, der titter frem gennem vegetationen. Fem år efter det forberedende arbejde er meget af den opbrudte asfalt blevet overgroet. Wagon Landscaping stod for hele projektet, inklusive byggearbejdet. Haven kræver minimal vedligeholdelse og ingen vanding. Byrådet i Aubervilliers har arrangeret flere åbne

dage, hvor borgerne inviteres til at opleve projektet og det nye igangværende økosystem.



Knusning af beton og beplantning på en tidligere parkeringsplads i byen Aubervilliers, Frankrig ©Wagon landscaping

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Økologisk forvaltning eller passiv forvaltning kan bruges i alle byområder. Hvis der kommunikeres med lokalsamfundet, og man viser, hvordan projekterne gavner naturen, bliver det lettere at få accept.
- Det er muligt at genskabe de rette betingelser for rekolonisering, selv på tidligere befæstet jord.

CASE 22

OMDANNELSE AF EN TIDLIGERE FLYVEPLADS I FRANKFURT (TYSKLAND)

I korte træk: omdannelse af en lufthavn til en offentlig park med sportsfaciliteter, gangstier, pædagogiske workshops for skoler og spontan rekolonisering af flora og fauna.

Ti år efter at den tidligere flyveplads lukkede, købte byen Frankfurt 7 hektar jord og omdannede det til et nyt naturområde, der er åbent for offentligheden. Der var tre mål: at garantere og styrke spontan naturlig rekolonisering, at skabe et rekreativt område for borgerne og at holde budgettet nede. Flere bygninger er derfor blevet bevaret for at minde om stedets historie, og de bruges nu som kunstneratelierer og caféer. En tredjedel af den tidligere landingsbane er også blevet bevaret for at imødekomme en af de anvendelser, der er identificeret for stedet: landingsbanen ligger i sikkerhed for trafik og er derfor ideel til cykling, rulleskøjteløb og skateboarding.

I alt er 3 hektar landingsbane og parkeringspladser blevet nedlagt. I stedet for at blive fjernet er asfalten blevet knust og efterladt på jorden, hvilket giver hulrum, der kan kolo-

niseres af dyr og planter. Størrelsen på stykkerne varierer fra sted til sted, men de bliver mindre, når man bevæger sig længere væk fra bygningerne. Det gør det muligt at visualisere naturlig rekolonisering takket være en gradient for fjernelse af befæstelse, der minder om økologisk succession. Beton er stadig stærkt til stede i nærheden af bygningerne. Derefter kommer stenmiljøer, enge, lunde og til sidst spontane skove, der repræsenterer processens klimaks (det sidste trin i den økologiske succession).

I dag er den tidligere flyveplads ikke kun blevet et sted, hvor man kan gå ture og dyrke fritidsaktiviteter, men også et undervisningsområde. Der planlægges regelmæssige arrangementer for borgere og skoler med fokus på planteidentifikation, padde-spotting, fuglekigge og så videre). Projektet minder om den berømte Tempelhof-lufthavn i Berlin, som også blev til en bypark i 2007, efter at en del af dens overflade var blevet fjernet. Lufthavne optager, ligesom store industriparker eller jernbanestationer, store landområder, som kan omdannes til nye naturområder.



Den tidligere landingsbane er blevet bevaret for at blive brugt som cykelsti og for at gøre det lettere at observere det naturlige miljø. ©Stefan Cop

VIGTIGE KONKLUSIONER

- I forbindelse med brownfield-rehabiliteringsprojekter er det vigtigt at undersøge den nuværende brug af stedet for at kunne udvikle projekter, der tager højde for lokalsamfundets forventninger.
- Renaturerede steder er nye uddannelsesområder, der kan bruges til at øge bevidstheden om problemstillinger omkring bevarelse og biodiversitet.

CASE 23

RENATURERING AF EN GAMMEL VEJ I SAINT-JACQUES DE LA LANDE (BRITTANY)

I korte træk: fjernelse af befæstelse og passiv renaturering af en vejstrækning som en del af en ny økologisk park.

Udviklingen af den økologiske park Saint-Jacques de la Lande nær Rennes i Bretagne, der blev påbegyndt i 2004, tilbyder nu 45 hektar afslapnings- og fritidsområder og gangstier. Derudover håndterer parken regnvand fra den nye bymidte. Vandløb beplantet med tagrør og beplantede grøfter leder vandet til et bassin og derefter til en rørskov, hvor der sker fyto-remediering.

Operationen har også gjort det muligt at fjerne befæstelsen på en gammel vej. Under ledelse af kommunen og en landskabsarkitekt bestod operationen i at knuse asfalten

og holde den på plads for at undgå at generere affald. Det anvendte princip er en passiv økologisk genopretning: De knuste asfaltblokke udgør lommer for plantefrø og levesteder for udvikling af pionervegetation. Et team af forskere og studerende fra Agrocampus Ouest overvåger floraen, laverne og insekterne i dette rum, der udvikler sig frit. Efter et par måneder har observationer bekræftet tilstedeværelsen af krybdyr (hugorme, firben), som typisk lever i disse stenede miljøer.

Ved at kombinere økologiske og kunstneriske tilgange lykkes det dette projekt at involvere lokalbefolkningen i genopretningsprojektet. Det minder om rewilding af lufthavnene Berlin Tempelhof og Frankfurt Bonames i slutningen af 2010'erne og bringer økologer og landskabsarkitekter sammen i en fælles tilgang.



Knust asfalt giver plads til spontan vegetation på en gammel vej i Saint Jacques de la Lande ©Yann Laurent

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Brudt asfalt kan bevares for at skabe en ny type levested (som et stenet miljø), der er egnet til visse grupper af arter såsom krybdyr: snøge, hugorme, murøgle.
- Renaturerede områder kan iscenesættes for at give dem en kunstnerisk dimension såvel som en videnskabelig. At bringe kunst og økologi sammen er en måde at opmuntre lokalbefolkningen til at gøre projekterne til deres egne.



CASE 24

"TRANSFORMEREN" I SAINT NICOLAS DE REDON (PAYS DE LA LOIRE)

I korte træk: Renaturering af et brownfield-område via flere projekter i lokalsamfundet, der gør det muligt at eksperimentere med renatureringsmetoder og samtidig arrangere en række offentlige arrangementer.

Et 5,5 hektar stort brownfield-område i Saint-Nicolas de Redon (Loire-Atlantique) blev regelmæssigt oversvømmet, når floden Vilaine gik over sine bredder. I 2001 bad *Départementet* Loire-Atlantique og byrådet studerende på *Ecole Supérieure du Paysage* i Versailles om at udføre en landskabsundersøgelse, der reflekterede over den fremtidige brug af stedet. Deres primære forslag var at renaturere stedet med inspiration fra Antoine Lavoisiers berømte sætning "Intet går tabt, intet bliver skabt, alt bliver forvandlet". Kun forurenende materialer blev fjernet fra stedet. Resten blev efterladt på stedet, genanvendt eller brugt som materiale til rekolonisering af planter. De eksperimenterende og borgerinddragende projekter fik borgerne til at danne foreninger for at fortsætte med renatureringen og forvaltningen af stedet. Som reaktion på disse succeser købte Loire-Atlantique-rådet stedet i 2005 som en del af sin po-

litik for "følsomme naturområder" og underskrev en aftale med foreningen "Les Amis du Transformateur" [38] for at: (i) forvalte og renaturere stedet, (ii) skabe de rette betingelser for at åbne stedet for offentligheden, (iii) indsamle og dele information om de eksperimenter, der udføres på stedet.

Le Transformateur tilbyder en række forskellige rum (hangarer, betonplader, ubebyggede områder, hvor der er skabt ujævnheder ved hjælp af opfyldning, urtemiljøer, vådområder osv.), som har inspireret til ideer til fremtidig brug af stedet og renatureringsprojekter. En række eksperimenter er blevet udført siden 2006:

- Fjernelse af befæstelse for at danne åbninger og mikrogrøfter, der gør det lettere for planter at løfte og overgro betonstykker.
- Borgerinddragende projekter, der involverer genskabelse af skov, levende hegn, grøntsagshaver og frugtplantager. Disse projekter har gjort det muligt at videregive landlig knowhow som f.eks. fletning, rørfletning og brug af materialer, der er samlet på stedet.
- Brug af Nantaise-kvæg til at afgræsse engene.
- Kunstværker, der viser stedets identitet: Land Art lavet af nedrivningsmaterialer, gadekunstfestival (vægmaleri-er på bygningerne).



Le Transformateur i Saint Nicolas de Redon er et brownfield-renatureringsprojekt med lave omkostninger udført af lokale borgere.
©Christian Baudu - Scopidrone

- Aktiviteter og udflugter: vandreture i naturen, historiske besøg, madlavningsworkshops, deltagelse i forvaltnings- eller beplantningsprojekter, kunststudier osv.

I 2015 blev eksperimentet "Bosquito" lanceret på Transformateur-grunden med hjælp fra 28 frivillige. 1.000 kvadratmeter beton og asfalt blev erstattet af organiske jordforbedringsmidler og halm til bunddække for at skabe en fremtidig lund [39]. De designmæssige og tekniske aspekter af lunde gør dem til modeller for genindførelse af træer i byområder.

Videnskabelig overvågning har afsløret tilstedeværelsen af flere interessante arter på stedet, herunder blomster og nelliker. Meget hårdføre planter som mosser og stenurt tyder også på, at planterne er ved at overtage stedet igen. Med hensyn til dyreliv er stedet vært for flere arter af flagermus (pipistrelflagermus og Pipistrellus kuhlii) og fugle (sort glente), som bruger det som transitpunkt mellem floden Vilaine og de omkringliggende skove og enge. Dette illustrerer, hvordan et industriområde spontant kan blive rekoloniseret af plante- og dyrelivet.

VIGTIGE KONKLUSIONER

- Borgerne kan via foreninger træffe beslutninger, organisere renatureringsprogrammer, forvalte stedet og arrangere begivenheder for at dele information om projektet.
- En eksemplarisk tilgang med hensyn til at genbruge jord og murbrokker, der gør det muligt at reducere de økonomiske og økologiske omkostninger ved nedrivning, bortkørsel af materialer, dekontaminering og affaldsbehandling og -opbevaring.
- Det renaturerede sted nyder langsigtet beskyttelse, fordi *departementet* erhvervede jorden som en del af sit "Sensitive Natural Areas"-program, men der findes andre værktøjer til at beskytte renaturerede områder (i Frankrig: "Zone N"-klassificering, beskyttet skov opført i planlægningsdokumenter).

POTENTIALE FOR RENATURERING I PARIS-REGIONEN

Den metode, der præsenteres i denne vejledning, gør det muligt at estimere det areal, hvor man potentielt kan fjerne kan fjerne befæstelsen og foretage renaturering. Dette kan beregnes på kommuneniveau (by eller landsby), *departement* (subregionalt administrativt område) og for Paris-regionen. Som et eksempel er der foretaget beregninger og datavisualiseringer i kommunen Aulnay-Sous-Bois.

Renatureringspotentiale i Aulnay-sous-Bois

Område egnet til renaturering afhængigt af antallet af udfordringer

På *kommuneplan* gør metoden det muligt at estimere, at der i alt er et område på 256,66 hektar, der potentielt er egnet til renaturering, herunder

- 16,92 hektar, som ikke er forbundet med renatureringsudfordringer. Det er steder, der er blevet identificeret takket være *Mode d'Occupation des Sols* (MOS), et værktøj, der bestemmer udviklingen i arealanvendelsen baseret på analyse af luft- og satellitbilleder, men som ikke ligger inden for prioriterede renatureringszoner (dvs. i celler med lav score).
- 71,87 hektar, som kun har en enkelt renatureringsudfordring, hvilket betyder, at de ligger inden for et område, der kvalificerer sig som en prioriteret zone, fordi det kun er berørt af en af de undersøgte udfordringer (biodiversitet, klimaforandringer eller levemiljø).

- 84,26 hektar beliggende i prioriterede områder, der er berørt af to udfordringer (f.eks. biodiversitet og klimaforandringer eller klimaforandringer og levemiljø).
- 83,61 hektar beliggende i områder, der er berørt af alle tre udfordringer (5,17% af *kommunen*).

Område egnet til renaturering i henhold til typen af udfordring

Det er også muligt at se på områder egnet til renaturering i forhold til den type udfordringer, de står over for (snarere end antallet af udfordringer). De således opnåede områder vil være større end dem, man opnår ved at se på antallet af udfordringer. For eksempel omfatter de 228,24 hektar, der potentielt kan renatureres for at fremme biodiversitet, ikke kun steder, der har en biodiversitetsudfordring og ingen andre udfordringer, men også steder, der har en biodiversitetsudfordring forbundet med en anden udfordring (biodiversitet+klimaforandringer eller biodiversitet+sundhed/levemiljø), samt steder, der står over for alle tre udfordringer. Det gør det muligt at evaluere overfladearealet af områder, der kunne renatureres med henblik på at fremme biodiversiteten.

Renatureringspotentiale i Paris-regionen

Skøn over dette potentiale skal dog tages med forbehold, da de er baseret på datasæt fra automatiserede undersøgelser baseret på luft- og satellitbilleder. Nogle steder,

der anses for at være befæstede, er ikke altid befæstede i virkeligheden. For eksempel anses gårde til bygninger og områderne omkring dem automatisk for at være befæstede, selvom det ikke nødvendigvis er tilfældet. Omvendt er visse træækker, hvor jorden er befæstet, forladte bygninger, overdimensionerede fortove og parkeringspladser langs vejene ikke blevet lokaliseret i denne indledende tilgang og er derfor ikke taget i betragtning på nuværende tidspunkt. Sidst, men ikke mindst, skal man huske på, at det ikke er blevet vurderet, om det er muligt at foretage renaturering. Disse begrænsninger bekræfter vigtigheden af en verificeringsproces på stedet, der er etableret af de lokale myndigheder og baseret på metodologien.



FIGUR 17. Kort, der identificerer befæstede overflader, hvor befæstelsen potentielt kan fjernes, afhængigt af hvad der er på spil i Aulnay-sous-Bois

UDFORDRING	POTENTIELT AREAL (HA)	% AF KOMMUNE
RENATURERBART AREAL PR. TYPE UDFORDRING		
Biodiversitet	228,24	14,12
Klimaforandringer	158,26	9,79
Sundhed og levemiljø	104,74	6,48
RENATURERBART AREAL I FORHOLD TIL ANTALLET AF UDFORDRINGER		
Ingen større udfordring	16,92	1,05
1 udfordring identificeret	71,87	4,45
2 udfordringer identificeret	84,26	5,21
3 udfordringer identificeret	83,61	5,17
Samlet areal	256,66 ha	15,88%

TABEL 11. Befæstede områder, hvor befæstelsen potentielt kan fjernes, afhængigt af hvad der er på spil i Aulnay-sous-Bois

UDFORDRING	POTENTIELT AREAL (HA)	% AF PARIS-REGIONEN
RENATURERBART AREAL PR. UDFORDRING		
Biodiversitet	15 139,52	1,26
Klimaforandringer	14 872,52	1,24
Sundhed/Levemiljø	10 373,42	0,86
RENATURERBART AREAL I FORHOLD TIL ANTALLET AF UDFORDRINGER		
0 stor udfordring	10 385,10	0,86
1 udfordring	6918,48	0,58
2 udfordringer	6214,94	0,52
3 udfordringer	7016,79	0,58
Samlet areal	30 535,31 ha	2,54%

TABEL 12. Befæstede arealer, hvor befæstelsen potentielt kan fjernes, afhængigt af hvad der er på spil i Paris-regionen



VELLYKKET RENATURERING

TRIN FOR TRIN

Den tredje del af denne vejledning giver et par generelle anbefalinger til hvert trin i et vellykket projekt: planlægning, implementering, overvågning og vurdering samt langsigtet vedligeholdelse.

Før alt andet er det nødvendigt at sammensætte et tværfagligt team til at designe og styre de forskellige operationer. Ideelt set ville dette involvere kommunale afdelinger, renatureringsspecialister, forskningsorganisationer, loka-

le foreninger og, hvis det er muligt, repræsentanter for det lokalsamfund, der er berørt af projektet. At samle et panel af interessenter i begyndelsen af projektet gør det muligt at overveje et bredt spektrum af synspunkter og dermed sikre, at de forskellige trin forløber gnidningsløst. Økologiske kompetencer er afgørende og skal identificeres, før projektet starter.

PRIORITERING AF PROJEKTER OG VURDERING AF GENNEMFØRLIGHED

Den metode, der foreslås på side 25, er baseret på princippet om, at fordelene ved renaturering vil være større, hvis de er rettet mod tilpasning til klimaforandringer, genopretning af biodiversitet eller forbedring af levemiljøet. Det rumlige analyseværktøj, der præsenteres i denne vejledning, giver også de lokale myndigheder mulighed for at prioritere deres handlinger, men det gør det ikke muligt at vurdere gennemførligheden. Den tekniske vanskelighed forbundet med renaturering afhænger af en række parametre. Inden for rammerne af sin strategi for genopretning af befæstede områder anvender byen Berlin 4 kriterier, der hjælper den med at prioritere sine handlinger.

Jordens status

Privatejede grunde skal købes, og det kan være tidskræ-

vende. Det er vigtigt at prioritere renatureringsprojekter på offentligt ejede arealer. Sideløbende kan de lokale myndigheder finde måder at tilskynde, finansiere eller støtte private ejere, der er villige til at renaturere befæstede områder (beplantningstilladelser, tilskud fra vandmyndighed osv.).

Teknisk arbejde

Jo mere teknisk arbejdet er, jo vanskeligere og dyrere bliver det. På to steder af samme størrelse vil et projekt, der kræver nedrivning af store infrastrukturanlæg eller bygninger, være sværere at gennemføre end "blot" at fjerne befæstelsen på et område (en parkeringsplads, et torv osv.).

	HØJ PRIORITET	MELLEMHØJ PRIORITET	LAV PRIORITET
Jordstatus	Offentlig		Privat
Nedrivning	Ingen eller kun lidt nedrivning	Nedrivning af små konstruktioner	Nedrivning af store konstruktioner (bygninger)
Areal, hvor befæstelsen kan fjernes på stedet	Hele overfladen	Flere separate arealer	Et meget lille, meget isoleret areal
Tidsramme for projektet	1 - 2 år	Omkring 5 år	Mere end 5 år

TABEL 13. Kriterier brugt af byen Berlin til at vurdere gennemførligheden af et renatureringsprojekt på en befæstet grund

Område hvor befæstelsen skal fjernes

Dette kriterium har til formål at estimere det samlede overfladeareal, hvor befæstelsen kan fjernes, og hvor der kan renatureres. Et sted, hvor hele overfladen kan fjernes, er af større interesse end et sted, hvor det kun er muligt at fjerne befæstelsen på små, isolerede områder.

Tidsramme for projektet

Det er muligt at prioritere projekter efter, hvor lang tid de vil tage, og prioritere dem, der kan gennemføres hurtigt (på 1-2 år), frem for dem, der først kan gennemføres på mellemlang sigt (ca. 5 år) eller lang sigt (over 5 år).

FORUDGÅENDE ANALYSE

Lokal og historisk kontekst

Før et projekt påbegyndes, kan det være nyttigt med en fase med historisk research for at bestemme en tidligere tilstand eller referencetilstand for stedet, hvis denne er kendt. Det kan være i form af arkivundersøgelser på kommunkontorer eller i samråd med borgere (samt studier af gadenavne og gamle kort).

Større forurening

Større forurening, der stammer fra den tidligere brug af stedet, især af stoffer, der kan migrere, såsom kulbrinter og tungmetaller (bly, zink, kobber osv.), kan i første omgang undersøges ved at se på, hvordan stedet blev brugt tidligere. Denne type undersøgelse kan føre til, at der oprettes et kort over områder med formodet forurening, hvor der kan udføres undersøgelser og besigtigelser. Hvis analysen viser, at der er jordforurening (se side 84), skal projektet tilpasses i overensstemmelse hermed. Nogle analyser kan afsløre forurenede jord, hvor der ikke kan gennemføres bylandbrugsprojekter, eller forurening, der kræver, at projektet tilpasses for at forhindre forurenende stoffer i at sive ned i grundvandsmagasiner.

Grundvandspejlets dybde

Fra et hydrologisk synspunkt skal grundvandsspejlets niveau undersøges. Fjernelse af befæstelse kan udgøre en risiko for kronisk eller utilsigtet forurening af underjordisk vand [40] samt en risiko for stigende grundvandsniveauer under skybrud, især hvis grundvandsspejlet er meget lavt. Tilstedeværelsen af lavt grundvand kan dog også være en fordel i nogle sammenhænge, f.eks. ved genopretning af vådområder. Det højeste niveau for et givet grundvandsspejl defineres af en hydrogeologisk undersøgelse ved hjælp af historiske data (geologiske databaser og arkiver, data fra operatører osv.), nogle gange med tilføjelse af en lokal undersøgelse eller en undersøgelse ved hjælp af piezometriske enheder.

Risici forbundet med jordtype og grundfjeld

Det mekaniske mønster for visse jordarter kan begrænse eller standse infiltration og kompromittere renaturering (risiko for opløsning og kollaps af gipsrige jordarter [41]; krympning og hævelse af lerjord; karstisk eller sprækket jord). Disse fænomener skal undersøges for at beskrive deres tilstedeværelse eller fravær på det sted, der skal renatureres. De her nævnte risici skal overvejes i tilfælde, hvor renatureringsprojektet sigter mod at skabe en infiltrationszone (grønt område egnet til oversvømmelse, regnhave, udvidet oversvømmelseszone), men de vil ikke nødvendigvis forhindre et projekt med fjernelse af befæstelse/renaturering i at blive gennemført.

Økologisk evaluering af området

Når researchfasen er afsluttet, er det også nødvendigt at vurdere stedets oprindelige økologiske tilstand for at finde ud af, hvilke arter der er til stede, jordens tilstand og det landskab, hvor projektet skal udføres. Denne analyse skal tilpasses lokalitetens beliggenhed og størrelse og skal som minimum omfatte opgørelser over fauna, flora og levesteder, jordbundsanalyser og en undersøgelse af den økologiske kontinuitet inden for projektets rammer. Den kan udføres af freelance-økologer og naturforskere eller af specialiserede organisationer eller foreninger. Selv om de steder, der skal renatureres, generelt er stærkt forringede, kan nogle arter have etableret sig, og deres tilstedeværelse kan være med til at afgøre, hvilken form for renaturering der skal vælges. Desuden dækker undersøgelser af plante- og dyrelivet generelt et større område end selve stedet for at få en bedre forståelse af det miljø, det ligger i, og for at kunne vælge et projekt, der er økologisk meningsfuldt i forhold til det bredere landskab. Hvis projektet omfatter flere lokaliteter, skal der udføres undersøgelser på hver af dem. Økologisk evaluering skal så vidt muligt baseres på standardiserede, let anvendelige protokoller. I Frankrig er programmer med borgerinddragende videnskab, som Vigie Nature tilbyder (side 99), meget nyttige til langsigtet overvågning.

IMPLEMENTERING

NEDTAGNING AF INFRASTRUKTUR OG FJERNELSE AF BEFÆSTELSE

Hvad angår befæstede områder, er det afgørende skridt at fjerne jordbelægningen, hvad enten det er beton eller asfalt. Dette trin er ikke altid tilstrækkeligt til at blottlægge jorden helt, da kunstige lag som grus eller klinker kan forblive under jorden og skal udtages.

Dette trin kræver specialiserede entreprenører, selvom nogle kollektive initiativer gør brug af lokale frivillige. Sidstnævnte mulighed gælder dog generelt for mindre områder og skal udføres inden for en passende juridisk ramme i overensstemmelse med sundheds- og sikkerhedsbestemmelser.

Ved at udføre en affaldsanalyse, før projektet starter, kan man identificere muligheder for genbrug, genanvendelse og brug af jordbelægning til andet formål som en del af en cirkulær økonomisk tilgang. Flere specialiserede entreprenører tilbyder denne slags tjenester, selvom nogle typer bitumen ikke kan genbruges eller genanvendes. I så fald kan man undgå at køre det ødelagte materiale til deponi og beholde det på stedet for at skabe et stenet miljø, hvor naturen kan få lov til at gå sin gang.

Det er dog vigtigt at skelne mellem beton, som er et "mineralsk" materiale, og bitumen, asfalt osv., som produceres af den petrokemiske industri og kan udgøre en forureningsrisiko. Det skal således fastslås, at materialer, der er tilbage efter fjernelse af befæstelse, ikke er farlige, før man eksperimenterer med genbrug.



Fjernelse af befæstelse på en parkeringsplads i Aubervilliers ©Wagon Landscaping

Omkostninger og fordele ved renaturering

Ifølge France Stratégie (Fosse et al, 2019) er de gennemsnitlige omkostninger ved fjernelse af befæstelse mellem 60 og 270 euro pr. kvadratmeter. Det er betydelige omkostninger, som kan opvejes af besparelser takket være regnvandshåndtering og de direkte og indirekte fordele, som et nyt naturområde giver. I byen Douai (i Nord de-

partementet i det nordlige Frankrig), hvor 25% af det offentlige rum forvaltes ved hjælp af alternative teknikker, anslås det, at der spares 1 million euro om året (30-40%) sammenlignet med traditionelle metoder (Herin & Dennin, 2016). Desuden tilbyder vandselskaberne tilskud op til 80% af udgiften til at fjerne befæstede arealer gennem projektansøgninger.

FYSISK KVALITET			
Tekstur: silt, ler, sand. Granulometri: grove elementer.	Struktur: penetrometer (gennemtrængelighed), spadetest (jordens fysiske tilstand), opslæmningstest (kohæsion af jordaggregater).	Jordbordsprofil (0-20 cm).	Jordfarve.
KEMISK KVALITET			
Organisk kulstof, kvælstof (N), fosfor (P).	Jordens biokemi, pH.	Forurenende stoffer: metalliske sporstoffer, kulbrinter, pesticider.	
BIOLOGISK KVALITET			
Organisk materiale i jorden.	Indikatorer for plantedække.	Indikatorer for jordbundsfauna.	Indikatorer for mikroorganismer.
Måling af biologisk aktivitet i jord: netposemetoden [42]. Organiske forurenende stoffer: pesticider, polycykliske aromatiske kulbrinter	Beskrivelse af dække: stauder og etårige planter vs spontane og plantede. Undersøgelse af rodsystemer. Arter, der giver biologisk indikation af miljø og forurening	Megafauna: spor af aktivitet (hule, ændring af jord og førn osv.). Makrofauna: regnormebestand og -diversitet (borgerinddragende regnormeobservatorium [43]), observation af regnormeekskremerter); indfangning af jordfauna (faldfælde, JardiBiodiv-protokol [44]); sneglefælde) Mesofauna: springhaler; mider; ledorme Mikrofauna: nematoder.	Mikrobiel biomasse: tæthed og taksonomisk diversitet af bakterier og svampe (metagenomisk). Mikrobiel aktivitet: enzymatisk aktivitet, mineralisering, jordrespiration.

TABEL 14W. Hovedindikatorer til evaluering af fysisk, kemisk og biologisk jordkvalitet (Kilde: AgrInnov-projektet, indikatorer til evaluering af biologisk jordkvalitet)

GENOPRETNING AF JORDEN

Når den uigennemtrængelige belægning er fjernet, vil byjorden ikke desto mindre have lidt betydelig skade. For at vurdere jordens tilstand på stedet skal der tages prøver med et jordbor forskellige steder og sendes til et speciallaboratorium for biofysisk-kemisk analyse. Denne forberedende analyse er et vigtigt skridt, før man planlægger forskellige renatureringsmuligheder. Tabel 13 opsummerer de vigtigste indikatorer, der bruges til at vurdere jordens tilstand.

Resultaterne af de fysiske, kemiske og biologiske analyser vil tjene som udgangspunkt for genopretning af jorden. Det er vigtigt at inddrage jordbundsspecialister til at fortolke de forskellige parametre og foreslå løsninger, der passer til genopretningen af jordbundens funktioner.

Infiltrationskapacitet

Afhængigt af jordens infiltrationskapacitet vil den være mere eller mindre egnet til forskellige typer projekter. En uigennemtrængelig jord kan være et aktiv i forbindelse med et genopretningsprojekt for blå forbindelse, for eksempel med henblik på at skabe et netværk af midlertidige damme. I tilfælde af gennemtrængelig jord kan der være risiko for forurening af grundvandsspejlet, hvis det er højt, men det giver også mulighed for at styre afstrømningen ved kilden, hvilket begrænser ophobningen af forurenende stoffer. Denne type test kan udføres ved hjælp af et infiltrometer, som er et apparat, der måler jordens hydrauliske ledningsevne. Et alternativ er at grave huller, fylde dem med vand og måle, hvor hurtigt det absorberes.

UNDERSØGELSE AF FORURENING MED HENBLIK PÅ FØDEVAREPRODUKTION

Når en del af det renaturerede område skal bruges til fødevarerproduktion, skal der udføres yderligere tests for at sikre, at der ikke er forurenende stoffer, som kan være farlige for forbrugerne. I lyset af den stigende popularitet af projekter, der omfatter bylandbrug, har forskere ved INRAE og AgroParisTech udviklet en metode kaldet REFUGE (Risques En Fermes Urbaines - Gestion et Evaluation/Risks in Urban Farms - Management and Assessment) for at hjælpe dem, der udfører denne type projekter [45]. Det indebærer, at man først beskriver faren og derefter foretager en risikovurdering, hvis faren viser sig at være til stede. Beskrivelsen omfatter ikke kun en historisk forskningsfase, men også analyse af jord, der skal bruges til agronomiske formål (herunder kemisk analyse til en pris på 90-150 euro pr. jordprøve samt agronomisk analyse til en

pris på 100 euro pr. prøve). Nærmere oplysninger om protokollen kan findes i REFUGE-guiden "Caractérisation de la contamination des sols urban destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires" (Barbillon et al, 2019).

Det er stadig muligt at dyrke visse planter i forurenede jord på grund af deres ringe evne til at akkumulere forurenende stoffer [47]. Nogle lokale myndigheder har lister over arter, som det tilrådes eller frarådes at dyrke afhængigt af jordbundens beskaffenhed. Paris-forstaden Montreuil gennemførte analyser af planter i tre år, hvilket førte til implementeringen af en forvaltningsplan, der opfordrer folk til at dyrke planter, der ikke optager forurenende stoffer (kål, løg, frugtgrøntsager, frugttræer), og til en vedtægt i 2012, der forbyder distribution af visse højrisikoplanter i "Peach Wall"-området i byen (et historisk område, hvor ferskentræer dyrkes op ad lange mure)[48].



Beskyttelse af "ferskenmure" i Montreuil (93). Dette program tilskynder til jordbrug og oprettelse af mikrolandbrug ved hjælp af lokale initiativer. ©Gwendoline Grandin/ARB IdF

Arbejde med forurenet jord

Hvad angår jordforurening, og ud over standardanalyser (tungmetaller, organisk forurening, f.eks. kulbrinter), kan det være nyttigt at kende til den historiske tilstand på en grund. En historisk byopgørelse har til formål at indsamle oplysninger om tidligere (eller eksisterende) aktiviteter på stedet med risiko for forurening. Det gør det muligt at indarbejde problemstillingen omkring forurening i projektplanlægnings- og definitionsfasen. Derudover er det muligt at bruge bioindikatorer til at overvåge toksiciteten for levende organismer. Kemiske analyser giver ingen oplysninger om biotilgængeligheden af forurenende stoffer, deres potentielle overførsel og deres toksicitetsniveau for arter, hverken alene eller som dele af forurenende "cocktails" (synergistiske/antagonistiske effekter). ADEME har udarbejdet en vejledning i brugen af bioindikatorer til at måle biodiversitet og jordfunktioner

og til at evaluere jordforurening for at udvikle relevante renatureringsstrategier og overvåge jordkvaliteten [48].

Dekontaminering

I de senere år er der kommet flere og flere teknikker til dekontaminering af jorden, afhængig af typen af forurenende stoffer (tungmetaller, kulbrinter, kemikalier osv.) og af arten af den jord og de overflader, der skal håndteres. I modsætning til anlægsteknikker (udskiftning, fysiske/kemiske processer osv.) vælger økologiske teknikker genopretning på stedet i stedet for at udgravning, transport og opfyldning med importeret jord. For at gøre dette kan egenskaberne hos visse mikroorganismer som bakterier og svampe (bioremediering) eller plantearter (fytoremediering) bruges til at dekontaminere jord.



Eksempel på en fytoremedieringshave: Peuple de l'Herbe-parken i Carrières sous Poissy ©Atelier d'Ecology Urbaine

Fytoremediering: dekontaminering af jord ved hjælp af planter

Fytoremediering omfatter en række teknikker, der bruger planternes egenskaber og deres mikrobielle flora til at dekontaminere miljøer (jord, luft og vand). Disse teknikker er baseret på planternes evne til at udtrække, omdanne, stabilisere eller akkumulere giftige elementer (henholdsvis kaldet fytoekstraktion, fytonedbrydning, fytovolatilisering, fytostabilisering og fytosekvestrering), hvis oprindelse ofte er antropisk. Fytoremediering har vist sig at være meget nyttigt til dekontaminering af store områder, hvor forureningsniveauerne er ret lave.

I 2011-2015 anlagde Atelier d'Ecologie Urbaine 3 fytoremedieringshaver på hver 400 kvadratmeter i Parc du Peuple de l'Herbe, Carrières Sous Poissy. To teknikker er blevet anvendt: en "ex situ"-teknik med specialkonstruerede plantekasser, der fik relativt forurenede materialer (metaller, aromatiske kulbrinter, flygtige forbindelser), og en "in situ"-teknik til jord med lavt forureningsniveau fra alifatiske kulbrinter baseret på passende beplantning. Typologien for vegetation og jordlag, der anvendes, spiller en rolle i produktionen af biomasse og påvirker dermed ekstraktionskapaciteten. Det påvirker også dekontamineringsdybden: 0,3 m for kålplanter; 1 m for bælgplanter; 2,5 m for pil; 5 m for popler). Her er de planter, der er valgt på baggrund af det forventede dekontamineringspotentiale for hver fytoremedieringshave:

- "In situ agro-skovhaven" blev skabt for at binde metaliske sporstoffer (MTE'er) og kulbrinter. Vegetationen består af krat med flere arter af pil og et urteagtigt lag bestående af Fabaceae (bælgplanter er effektive til at nedbryde kulbrinter).
- "Ex situ metalekstraherende eng" er designet til at udtrække MTE'er. Her har man brugt kålplanter. Andre eksperimenter på Plaine de Chanteloup nær Parc du Peuple de l'Herbe har vist, at *Miscanthus* (sølvgræs) ser ud til at være effektiv til at håndtere tungmetaller.
- "In situ agro-skovhaven" blev plantet i et surt miljø for at håndtere MTE'er og flygtige halogenerede forbindelser. Den består af piletræer, der skæres ned i kort rotation for at udtrække forurenende stoffer, der er lagret i biomassen, og et urteagtigt lag af "sur hede" bestående af lyng og tornblad. Pil indeholder interessante muligheder for håndtering af tungmetaller, da de kan oplagre cadmium, bly, nikkel, zink og kobber i deres rødder, stængler og blade - op til flere hundrede mg/kg afhængigt af arten.

Haverne er blevet regelmæssigt overvåget siden 2016 med hensyn til jordkemi, plantebiokemi og hydrokemi i udvaskede materialer opsamlet fra et dræn. Ud over disse kemiske tests blev flora og pedologi overvåget, hvilket gjorde det muligt at foretage en opgørelse over de planter, der fandtes i haverne (både plantede og spontane planter), og at observere udviklingen i de genoprettede jorde. Der blev givet anbefalinger om yderligere beplantninger og forvaltning af planter og jord (jorddækning og indarbejdelse af organisk materiale) [49].

En effektiv, men stadig underudnyttet tilgang

Fytoremediering bruges stadig sjældent i bymiljøer, selv om modviljen er ved at forsvinde, efterhånden som der kommer flere eksempler. Ud over problemer med gennemførlighed og tvivl om metodens effektivitet var lovgivningen om forurenede grunde og jord og den tid, der kræves til behandling, som ofte er uforenelig med ejendomsudviklingsprojekter, faktorer, der afskrækkede projektledere fra at bruge metoden. I USA, Canada, Storbritannien og Nordeuropa er fytoremediering imidlertid en foretrukket teknik til behandling af forurenede grunde (brownfield-områder, militære områder osv.). Flere projekter er blevet lanceret i Frankrig, og metoden gør fremskridt i lyset af videnskabelige resultater, der beviser dens effektivitet. Selvom metoden kræver overvågning og vedligeholdelse, er den billigere end udgravning, transport og nedgravning af forurenede jord. Det kan være op til ti gange billigere end traditionelle metoder (Chevrier, 2013). Fytoremediering kan være et økonomisk argument, især når den forurening, der skal håndteres, dækker et stort område.

Flere planter har vist sig at være effektive til at håndtere jordforurening, især pil som *Salix viminalis*, en busk med et omfattende rodsystem, hvis rødder, stængler og blade er i stand til at binde store mængder metaller. Hvad angår urteagtige arter, har *Lolium arundinaceum* (kæmpesvingel) også et omfattende rodsystem, der understøtter den mikrobielle flora, der er ansvarlig for den biologiske nedbrydning. Afhængigt af forureningen kan man bruge kombinationer af planter: Buxaceae er effektive til nikkelforurening, solsikker til cæsium, strontium og uran, Arabidopsis til kviksølv, og tobak og sennep til zink, cadmium og bly.

Dekomprimering

Ud over dekontaminering kan det være nødvendigt at genoprette jorden for at gøre den økologisk funktionel igen, selv om den adskiller sig fra sin oprindelige tilstand med hensyn til struktur og funktioner.

Byjord, der er blevet overhældt med beton, er udsat for adskillige forringelser, herunder komprimering, som reducerer den porøsitet, der er nødvendig for cirkulationen af vand, gasser og næringsstoffer, der er afgørende for, at planter kan fungere og vokse. God porøsitet er nødvendig for rodgennemtrængning og påvirker også vandcirkulationen og evnen til at holde på vandet. Der kan udføres dekomprimeringsarbejde afhængigt af områdets størrelse og komprimeringsintensitet og dybde. Det er muligt at bruge mekaniske midler (gravegreb, bredgreb, dekomprimeringsudstyr og maskiner) eller biologiske løsninger. For eksempel kan nogle organismer som regnorme eller planter (dvs. deres rødder) forbedre jordens porøsitet. Disse teknikker med levende organismer tager imidlertid flere år om at virke: 1 til 2 år for at genoprette porøsiteten i de første 20 cm af jorden og over 10 år for at komme ned til en dybde på 30 til 50 cm. For at forkorte disse tidsrammer kan det være nødvendigt med mekanisk handling ved hjælp af dekomptorer og pseudo-pløjningsredskaber, der kan bearbejde jorden ned til en dybde på 20 eller endda 35 cm. [50]. I Schweiz bekræfter en undersøgelse udført på tre tidligere industrigrunde, at det er teknisk muligt at gen-

oprette befæstet jord og genindføre kvalitetsvegetation, selvom komprimering ofte er en begrænsende faktor for succesen af renatureringen (Tobias *et al*, 2018).

Jordtekniske arter

Uanset om det er for at forbedre jordens struktur eller kickstarte dens biologiske aktivitet, er det muligt at bruge såkaldte "økosystemingeniører" (regnorme, myrer osv.). Dette princip bygger på deres bioturbationskapacitet, med andre ord det fænomen, hvor organismer formår at omstrukturere jorden eller overføre næringsstoffer eller kemikalier til den. Regnorme, alt efter art, graver sig ned og giver også andre arter mulighed for at søge tilflugt naturligt i nybearbejdet jord. Indførelsen af ingeniørarter som en del af et renatureringsinitiativ indebærer nøje udvælgelse af arter eller grupper af arter og indhentning af råd fra jordbundsspecialister. Dette valg skal være baseret på en forudgående analyse af jordens tilstand for at sikre, at de indførte arter kan overleve i det forringede miljø.

Planter påvirker også jordens struktur med deres rødder og påvirker jordens frugtbarhed og kolonisering fra andre organismer. Forbedring af jordens porøsitet vil afhænge af rodsystemets morfologi (form, diameter og længde) hos den plantede art. Planter med pælerødder (mælkebøtter, burrer, træer osv.) påvirker jorden i en større dybde, mens planter med forgrenede rødder (Poaceae) har en større indvirkning på overfladen, hvor de danner et tæt sammenfiltret rodnet. At kombinere arter med forskellige rodsystemer vil hjælpe med at strukturere jorden både på overfladen og dybere nede. Det er muligt at kombinere forskellige lokale arter, så de supplerer hinanden i den måde, de påvirker jordstrukturen på.

Vegetationen har også direkte indflydelse på jordens frugtbarhed via luftbåren førn, udsivende væske fra rødder og visse arters evne til at binde luftbåren kvælstof i jorden. Det er tilfældet med bønnelignende planter eller bælplanter som lucerne, kløver, vikke, spanske linser osv. Planter (eller hovedsageligt deres rødder) ændrer også deres abiotiske miljø (temperatur, fugtighed, pH, ilt-



Der er tre hovedkategorier af regnorme, hver med sine egne økologiske karakteristika. Epigæiske regnorme lever på overfladen, endogene regnorme er vigtige jordstabilisatorer, og aneciske regnorme spiller en nøglerolle i fordelingen af organisk materiale gennem jorden. ©Maxime Zucca/ARB IdF

tryk) og biotiske miljø ved at frigive væsker i rhizosfæren⁸. Disse forbindelser giver næring til en specifik mikrobiota. Planter kontrollerer således mængden, diversiteten og aktiviteten af mikroorganismer, der er involveret i processer som mineralisering af organisk materiale og nitrifikation.

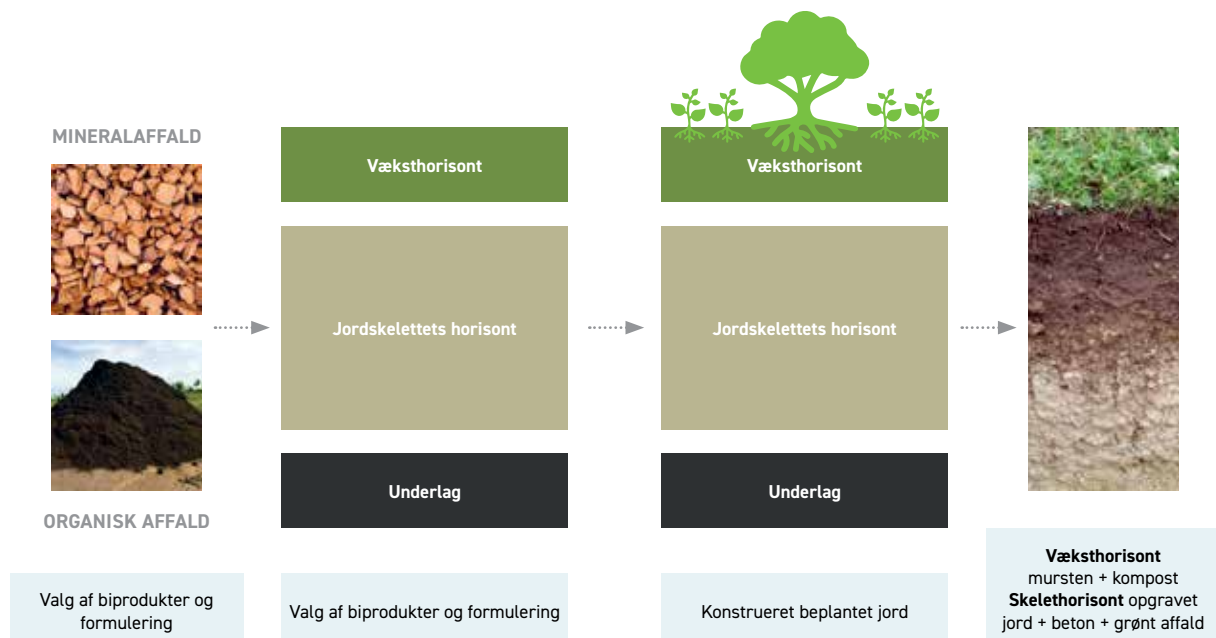
Genopretning af jorden ved hjælp af bymæssige biprodukter: "technosoils"

En teknik, der længe har været brugt til at skabe grønne rum, er at tilføre muldjord, der er udtaget fra et natur- eller landbrugsområde. Denne teknik er dog økologisk kontra-produktiv, da den fjerner virkningerne af arealinddragelse på landbrugsjord samt genererer CO₂-emissioner på grund af transport. I 2008 anslog foreningen Plante et Cité, at 3 millioner kubikmeter muldjord var blevet brugt til byformål i Frankrig (Vidal-Beaudet, 2018).

For at undgå at tilføre muldjord er der i forskningsprogrammer fremkommet innovative jordopbygningsprocesser, der bruger byaffald. Jord- og miljølaboratoriet i Nancy er banebrydende inden for forskning i technosoils, hvor man bruger affald og biprodukter fra et område til at

genoprette funktionel jord, der er blevet forringet af stålindustrien. Denne teknik er en del af en tilgang med cirkulær økonomi og bygger på genanvendelse af materialer, der er tilgængelige på stedet, og som er placeret i lag eller funktionelle horisonter (Fabbri et al, 2021). Den kombinerer et mineralsk substrat (ikke-forurenet udgravet jord, beton, jernbaneballast, murbrokker osv.) med et organisk substrat (knust grønt affald, slam fra rensningsanlæg, kompost, gadefejningsmateriale osv.)

8. Den del af jorden, der umiddelbart omgiver rødderne. Denne del af jorden er formet og påvirket af både rødder og de mikroorganismer, der er forbundet med dem.



FIGUR 18. Anvendelser af jordopbygningsprocessen i Siterre-programmet. Eksempel på jordprofil udviklet til områder med træer plantet i rækker. ©Plante & Cité, Institut Agro Rennes-Angers, Université de Lorraine, Ifsttar, BRGM, Rittmo Agroenvironnement, Valterra DR, Luc Durand Travaux Publics, ACTeon

DET ER IKKE ALTID NØDVENDIGT AT HENTE JORD IND

Italienske forskere har fremsat den hypotese, at frugtbarheden af byjord, hvor befæstelsen er blevet fjernes, vil øges uden tilførsel af eksogen muldjord. De sammenlignede jordstykker, hvor befæstelsen var blevet fjernet, med og uden tilført muldjord. Begge steder blev beplantet med 2 arter af buske og vandet. Jordens frugtbarhed blev analyseret ved hjælp af kemiske indikatorer (total kulstof og organisk materiale) og biologiske indikatorer (biologisk kvalitetsindeks og mikrobiel aktivitet). Resultaterne viser, at jord, hvor befæstelsen er fjernet, uden tilført muldjord hurtigt kan øge både deres frugtbarhed og deres funktionelle og biologiske stabilitet. (*Maienza et al, 2021*).

DÅRLIG JORD I RENATURERINGSPROJEKTER

Det er vigtigt at huske, at jordens frugtbarhed ikke er det ultimative mål for alle renatureringsprojekter. Mange urteagtige formationer (græsarealer, enge osv.) findes kun på næringsfattige jorde i miljøer, der huser en ekstremt rig biodiversitet. Det er også miljøer, der skaber levesteder til termofile arter som krybdyr. I mere urbane sammenhænge, som GROOVES-undersøgelsen udført af ARB idF om grønne tage viser, er disse særlige økosystemer med dårlig jord ikke mindre værdifulde med hensyn til biodiversitet. Deres særlige sammensætning ligner intet andet i byområder, og der kan være originale kombinationer såsom plantede og spontane arter og tørre sandede græsarealer af lokal og mere fjern oprindelse (*Barra & Johan, 2021*).

Technosoils og økosystemtjenester

Forskning har vist, at disse "constructed anthroposoils" eller "technosoils" er i stand til at levere økosystemtjenester på en måde, der kan sammenlignes med naturlig jord, og at fænomener, der tilskrives pedogenese, såsom aggregering, dekarbonisering, rodkolonisering og mikrobiel aktivitet, hurtigt kan observeres (*Hafeez et al, 2012*). Med hensyn til

kulstoflagring gælder det, at selv om den samlede lagrede mængde er lavere i konstrueret jord, forbliver lageret af organisk kulstof fire gange højere i technosoil end i den naturlige jord, der er undersøgt (*Séré, 2018*).

En undersøgelse anslår, at technosoils efter fire år er i stand til at fungere på samme måde som naturlige enge (med hensyn til produktion af plantebiomasse og nedbrydning) (*Cortet et al, 2014 ; Yilmaz et al, 2017*). Opgørelser viser, at de vigtigste grupper af jordbundsorganismer kan observeres i technosoils, hvad enten det er mikroorganismer, nedbrydere eller ingeniørarter (*Cortet et al, 2014*).

9. Jord, der er konstrueret eller væsentligt modificeret af mennesker



FIGUR 19. Hvordan horisonterne for en technosol udvikler sig over tid ©Schwartz, G. Séré, Université de Lorraine

SAMMENLIGNING AF JORDREHABILITERINGSTEKNIKKER

Som en del af Bio-TUBES-projektet (2016-2019), der er finansieret af Valorhiz med støtte fra BRGM og Elisol Environnement, udførte forskerne eksperimenter, hvor de sammenlignede 3 jordgenopretningsteknikker: ingen indgriben (kontrolsted), dekomprimering kombineret med økologisk teknik og technosoils kombineret med økologisk teknik. Efter 30 måneder viste resul-

taterne, at rehabiliteringstiltagene havde en positiv effekt på kulstoflagring, frugtbarhed og vandretention sammenlignet med kontrolområdet. Hvad angår funktionen "medium for biodiversitet", viste alle lokaliteterne en interessant dynamik med hensyn til rekolonisering. Disse tidlige resultater understreger også, at med et begrænset antal fysiske, kemiske og biologiske parametre er det muligt at observere de økologiske funktioner, som jorden udfører efter implementeringen af forskellige tekniske løsninger.



Et af forsøgsstederne 5 måneder efter implementering af forskellige jordrehabiliteringsstrategier. © Valorhiz

"DESSERT"-PROJEKTET

For at opnå en bedre forståelse af byjord blev DESSERT-projektet (Désimperméabilisation des Sols, Services Écosystémiques et Résilience des Territoires/ Fjernelse af befæstelse på jord, økosystemtjenester og regional resiliens) lanceret i 2021. Dette forskningsprogram har til formål at forbedre forståelsen af, hvordan jord, hvor befæstelsen er fjernet, opfører sig, at forbedre viden om jordens refunktionalisering efter fjernelse af befæstelse, at skabe en typologi af metoder til fjernelse af befæstelse, at måle deres effektivitet og at overvåge dem for at optimere processer til fjernelse af befæstelse på forsøgssteder. En afhandling, der skal være færdig i 2024, fokuserer på at skabe en oversigt over praksisser, foretage observationer af, hvordan jord, hvor befæstelsen er blevet fjernet, fungerer, og beskrive de funktioner og tjenester, som disse miljøer leverer [51]. Projektet er finansieret af ADEME inden for rammerne af MODEVALURBA-indkaldelsen af projekter og koordineres af University of Lorraine/INRAE (LSE Laboratoire Sols et Environnement).



Bed under asfalt i Angers
©Robin Dagois / Plante & Cité

Et projekt til genanvendelse af nedrivningsaffald i Paris-regionen

I Paris-regionen har et partnerskab mellem *départementet* Seine-Saint-Denis, ECT Group (genanvendelse og upcycling af jord) og University of Paris-Est Créteil testet genanvendelsen af lokalt produceret nedrivningsaffald og grønt affald for at genskabe frugtbar jord (*Pruvost, 2018*). På et 4.000 m² stort forsøgsområde i Villeneuve-sous-Dammartin blev der anlagt 26 eksperimentelle jordstykker svarende til de tre typer anvendelse, der skulle testes: park- og enghaver, allétræer og landbrugsanvendelse. Jord bestående af sterile komponenter (fyld, alluvium, silt) blev fremstillet med og uden kompost (10% af det samlede volumen) til de tre vegetationstyper. Blandinger med og

uden knust betontilslag blev også testet til de jordstykker, hvor der skulle plantes træer. En fireårig observationsperiode viste, at den anvendte kompost var ansvarlig for nogle træers død, men at den i kombination med beton i høj grad øgede deres væksthastighed og kolonisering med makrofauna. I engene øgede tilførslen af kompost biomasseproduktionen og ændrede plantesamfundets sammensætning, hvilket favoriserede konkurrencedygtige arter, men ikke makrofaunaen. Det er derfor muligt at forbedre den primære produktivitet i nye økosystemer ved at manipulere sammensætningen af materialeblandinger og samtidig undgå, at visse arter dominerer, så man bevarer mangfoldige samfund [52].

RENATURERING AF FORRINGEDE OMRÅDER VED HJÆLP AF PLANTESAMFUND

Renaturering af et menneskeskabt område indebærer genopretning af plantesamfund, enten gennem naturlig regenerering eller gennem assisteret rekolonisering. Det er faktisk mere et spørgsmål om et plantesamfund, der interagerer med sit miljø og andre arter, end om individuelle planter. Denne tilgang kræver præcis viden om de økosystemer, der skal genoprettes eller skabes.

Kolonisering med spontan flora: at lade naturen gå sin gang

Nu om dage får naturlige processer sjældent lov til at udtrykke sig i bymiljøer, og intervention er normen. Når na-

turen får lov til at udvikle sig spontant over tid, opstår der imidlertid en naturlig dynamik, som bliver mere kompleks og struktureret og skaber funktionelle, modstandsdygtige økosystemer. Denne form for renaturering gør det muligt at observere dynamikken i plantesamfund via økologisk succession.

Denne succession er kendetegnet ved, at højden på plantedækket øges med tiden. De fleste levesteder har en tendens til at udvikle sig naturligt i retning af skov på vores breddegrader. Processen begynder med pionerarter, som er de første til at kolonisere dårlig, forringet eller forurenat jord. Med tiden ændrer de jordstrukturen fysisk (rodaktivitet) og kemisk (ophobning af førn), hvilket fremmer deres udskiftning med arter, der foretrækker at etablere sig på allerede koloniseret jord. Efter pionerplanterne, der giver den nødvendige læ til fremtidige træer.



Ubenyttet jord i Strasbourg koloniseret af buddleia ©Gilles Lecuir/ARB ÎdF

Pionerplanternes rolle i rehabilitering af jordbunden

Pionerplanter er de første planter, der etablerer sig på et forringet sted. De anses generelt for at være "ukrudt", selvom deres rolle i forberedelsen af jorden er vigtig. De er i stand til at kolonisere ustabile miljøer, der er fattige på organisk materiale, hvor klimaforholdene er hårde (fravær af vand, intens varme osv.) (Sarasin, 2011). I bymiljøer er de som regel etårige planter, der tilhører familierne Amaranthaceae, Brassicaceae eller Papaveraceae (Muratet et al, 2017). Efterhånden som disse planter ændrer miljøet, bliver de gradvist erstattet af flerårige arter, der er mindre specialiserede eller mere krævende. Brugen af disse arter er særlig interessant i forbindelse med spontane

økologiske genopretningsprogrammer, og de kan også bruges til aktivt at genoprette stærkt forringede miljøer. For eksempel anbefales de i forbindelse med genskovning for at igangsætte, forstærke og fremskynde den tidlige plantekoloniseringsproces.

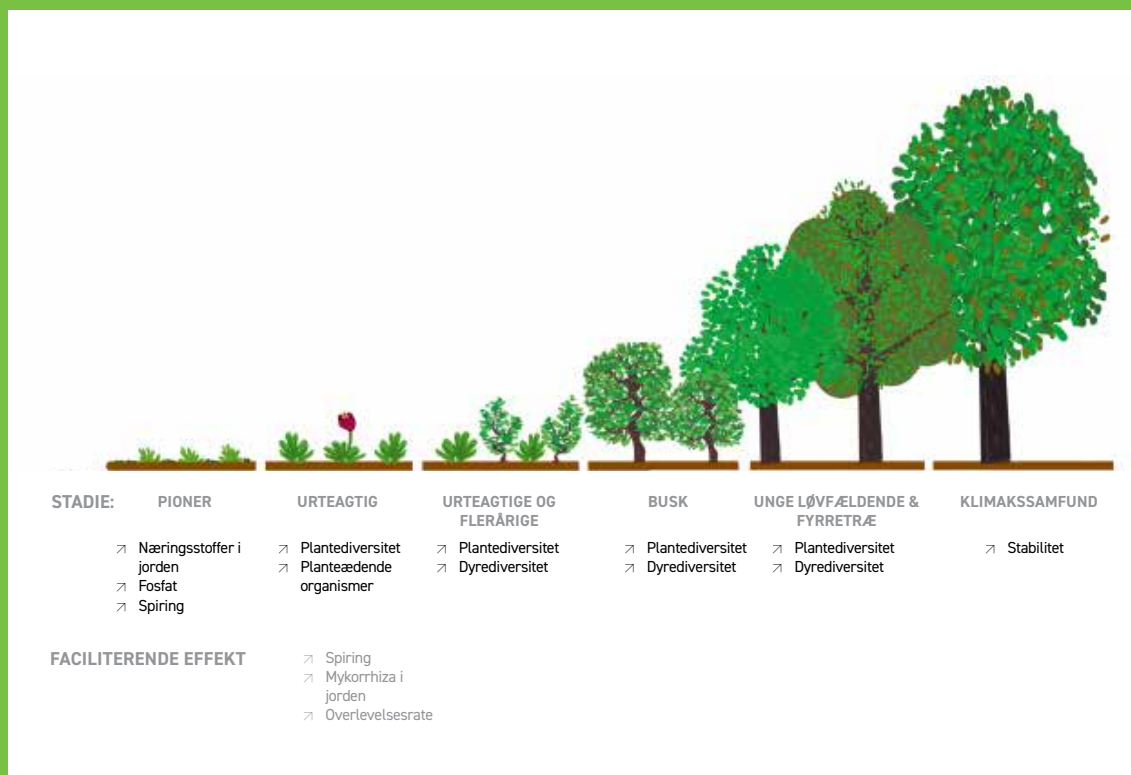
Invasive eksotiske arter

Når der udføres et renatureringsprojekt, kan arbejdets destabiliserende effekter føre til udvikling af invasive eksotiske arter. Tilstedeværelsen af sådanne arter er tæt forbundet med ustabiliteten i miljøet, og det kan være nødvendigt at træffe foranstaltninger for at undgå uønsket

FACILITERENDE PLANTER

Facilitering er en mekanisme, hvormed en organisme er i stand til at ændre forholdene i sit miljø, så det kan være vært for en anden organisme, der ellers ikke ville være i stand til at trives der (Thiffault et al, 2017). En faciliterende plante, også kaldet en moderplante, fremskynder væksten af andre arter ved at give dem et refugium og forbedre tilgængeligheden af ressourcer. Dette refugium kan give beskyttelse mod rovdyr og mod miljømæssige stressfaktorer som sollys, tørke, varme eller kulde. Pionerplanter kan fungere som faciliterende planter, men andre arter, der kommer til senere i

den økologiske successionsproces, kan også bruges. I tropiske områder faciliterer plantning af træbregner f.eks. skovfornyelsesmekanismerne (Rivière et al, 2008). I Middelhavsområdet har en undersøgelse vist, at plantning af arter af lavendel og timian, for hvilke der tidligere har været skabt mykorrhiza, fremmer udviklingen af skovplanter og forbedrer jordkvaliteten (Hafdi et al, 2013). Facilitering spiller en afgørende rolle i forringede miljøer, under vanskelige forhold, for sekundære arter og mere generelt for kolonisering af nye levesteder og renaturering.



FIGUR 20. Effekter af facilitering på stadier af økologisk succession. Kilde: inspireret af Chapin et al, 1994

kolonisering og spredning. I dette tilfælde er det nødvendigt at overvåge udviklingen på stedet og endda rykke unge skud op med rodet for at undgå kolonisering af en enkelt art (f.eks. buddleia). I forbindelse med renaturering ved plantning gør visse økologiske teknikker det nu muligt at integrere denne variabel, for eksempel ved at opretholde tilstrækkelig plantetæthed til at skabe konkurrence, der hæmmer udviklingen af invasive eksotiske arter som japanpileurt eller kæmpebjørneklo. Visse forladte befæstede områder kan nu allerede være koloniseret af disse arter. Hvis det er tilfældet, kan det være nødvendigt med en forudgående behandling for at undgå spredning af planterester i de efterfølgende renatureringsfaser.

Spontan kolonisering som en del af renaturering

Passiv renaturering betyder ikke "at gøre ingenting" men derimod nøje at observere de første trin i den spontane kolonisering. Sådanne observationer kan påvirke den retning, som det økosystem, der skal genoprettes, helst skal tage (Ravot *et al*, 2020). Eksperimenter med spontan kolonisering i byer kan hjælpe forskere med at forstå værdien af den slags processer, der er specifikke for byøkosystemer. Observation og den information, det kan give, er en

nøglefaktor i renatureringsprojekter, da det resulterer i mere holistisk videnskabelig viden.

Assisteret rekolonisering: en hjælpende hånd til økosystemerne

I nogle tilfælde kan økosystemernes selvreparerende proces fremskyndes ved hjælp af plantebaserede teknikker, hvad enten det drejer sig om såning af faciliterende arter eller om tungere arbejde, der involverer flytning af hele jordstykker fra nærliggende økosystemer. Selv om der kan anvendes forskellige metoder til at så eller plante et renatureringssted, skal de udføres på ad hoc-basis. Før renatureringsprojektet påbegyndes, skal følgende overvejes: målet med interventionen (fremskynde en proces med spontan rekolonisering, opnå den mest komplette kohorte af arter til det miljø, der skal rehabiliteres, bekæmpe jorderosion osv.), værtsstedets typologi (overfladeareal, jordtype, økologisk forbundethed osv.), den type teknik, der skal anvendes (såning, hø, stiklinger), tilgængeligt udstyr og arbejdskraft samt økonomiske aspekter og forvaltningsplanen for stedet efter såning.

PASSIV RENATURERING AF SÉLUNES BREDDER

Som en del af projektet, der omfattede nedrivning af to store dæmninger over floden Sélune, en kystflod, der løber ud i Mont-Saint-Michel-bugten, blev der oprettet et videnskabeligt program til overvågning af flodens renaturering. Dette pilotprojekt kombinerer passiv genopretning (spontan plantekolonisering) og aktiv genopretning (fjernelse af dæmningerne, gradvis dræning, etablering af bredder, udgravning af flodlejet). Forskerne fokuserede på den vegetation, der koloniserede alluviet i det tidligere dæmningsreservoir. På to et halvt år har resultaterne vist, at den spontane vegetation, der er typisk for flodbredder, har etableret sig og hjælper med at vedligeholde bredderne. Disse resultater bekræfter, hvor relevante og effektive passive renatureringstiltag er. Planterundersøgelser vil blive overvåget på lang sigt via et dalobservatorium, hvilket gør det muligt at vælge mellem anlægsarbejde og passiv genopretning i fremtidige projekter. (Ravot *et al*, 2020).

Spontan renaturering på bredden af Sélune, to år efter gradvis dræning af de gamle dæmninger og omformning af bredderne
©Charlotte Ravot



Genopretning med lokalt fremskaffet hø

Lokale planter bliver i stigende grad brugt i renatureringsprojekter. Disse hjemmehørende arter har den fordel, at de er bedre tilpasset til de eksisterende økologiske forhold og har et niveau af genetisk diversitet, der giver den bedste garanti for tilpasning til klimaforandringerne. Valget af hjemmehørende arter sikrer også, at hele gruppen af ledsagende arter (insektfauna, jordboende hvirvelløse dyr, symbiotisk bakterie- og svampeflora), som er afgørende for deres økosystem, også vil etablere sig. De vil have en større chance for at overleve på lang sigt og for at gennemføre hele deres vegetative cyklus i modsætning til kommercielle arter. Det er muligt at købe lokale planter fra visse planteskoler og leverandører. Mærket *Végétal local* [53] blev skabt med dette for øje. Det er et kollektivt mærke, der udspringer af et ønske hos projektledere og forvaltere inden for grønne rum om at bruge vilde plan-

ter, der er indsamlet i deres region. Det blev skabt i 2015 på initiativ af Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux (FCBN), Plante & Cité og Afac-Agroforesteries, og det ejes af Office Français de la Biodiversité (OFB). Mærket *Végétal*

local gør det muligt at garantere den lokale oprindelse af vilde blomster, træer eller buske i en given økologisk region (11 bioregioner er således blevet udpeget i det franske hovedstadsområde), med lokal genetisk diversitet og regelmæssigt genopfyldte frølagre. I nogle tilfælde er det også muligt at udvælge frø ved at høste vilde frø eller hø direkte i deres naturlige miljø tæt på renatureringsstedet.



OPRETTELSE AF EN LOKAL FRØVIRKSOMHED I BESANÇON (GRAND EST)

Byen Besançon har i flere år arbejdet for at bevare biodiversiteten, især byernes bestøvere. For at øge tilstedeværelsen af lokale arter og skabe et levested for dem valgte byen at udvikle produktionskompetencer og strukturer (drivhuse og det kommunale orangeri) for at skabe en forsyningsstrøm af lokalt indsamlede vilde frø. Tiltaget er blevet organiseret i tæt samarbejde med Conservatoire de Botanique og Conservatoire des Espaces Naturels i Franche-Comté. Byens tre gartnere og botanikere er nu ansvarlige for at høste frøene og skabe blandinger, der er tilpasset byens økologiske plan. Frøene bruges i kommunale blomsterbede og sås i den græsklædte del af sporvejen. I 2017 blev 20 arter høstet på denne måde (smalbladet timian, nellike, esparsette osv.).

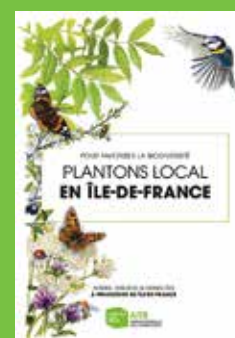
"PLANTONS LOCAL"-VEJLEDNINGEN

ARB îdF har udgivet en vejledning, der skal hjælpe med at øge andelen af hjemmehørende planter i offentlige og private områder. Den indeholder lister over de arter, der er bedst tilpasset Paris-regionens miljøforhold med henblik på at skabe enge, hække, buskadser, skovområder osv.

De arter, der præsenteres i vejledningen...

...fremmer samspillet med dyrelivet: planter er vært for larver og kålorme, og blomster tiltrækker voksne insekter (sommerfugle, svirreflugter, humlebier, honningbier osv.), frugt tiltrækker fugle og pattedyr osv.

...er tilpasset det lokale klima og den naturlige eller forringede jordbund i regionen, såvel som den menneskelige forvaltning...tilbydes under mærket "Végétal local".



EKSEMPEL PÅ GENOPRETNING AF ENG

Teknikken med at sprede hø blev testet i 2006 på Crau-sletten for at genindføre arter, der er specifikke for tørre græsarealer, og øge den specifikke diversitet på nedlagte landbrugsarealer. Initiativet var usædvanligt på den måde, at høet blev slået til en højde på 20 cm, hvorefter det blev samlet op med en løvsuger. Høet blev holdt tørt hen over sommeren, og efter de første efterårsbyger blev det strøet ud på jorden. For

at fremme spiringen og begrænse tabet af frø blev jorden først harvet. Kvadraterne blev vandet før og efter spredningen, og der blev lagt trådnæt over området for at forhindre, at frøene blev blæst væk. Denne teknik viste sig at være meget effektiv. To år senere var diversiteten af planter i kvadraterne steget markant, og mange steppeplanter var vendt tilbage (timian, havre, rød arve, salvie osv.).

Høst af planter og frø

Flytning af hø

En af de teknikker, der bruges inden for økologisk genopretning til at rehabilitere plantesamfund, er flytning af hø (*Jaunatre et al, 2014, [54]*). Denne teknik indebærer slåning af en artsrig eng i et område nær projektet. Det resulterende hø kan spredes enten med det samme på stedet (grønt hø) eller efter en periode med opbevaring (tørt hø). Det spredes over gravet og dekomprimeret jord på renatureringsstedet. Når det tørrer, frigiver høet sine modne frø, som derefter spirer i målområdet. Ideelt set bør operationen gentages flere gange i løbet af frugtsætningsperioden. Da engplanternes fænologi varierer, kan det være nødvendigt at vælge et tidsrum, der gør det muligt at høste de nødvendige planter. Det er også muligt at flytte dækningsmateriale eller afskårne grene fra forvaltningsarbejde på stedet (*Lemoine, 2016*).

Transplantation af græstørv

Denne teknik går ud på at udtage vegetation og jord i store eller små stykker og flytte dem til det sted, der skal genoprettes. Plantedækket genoprettes således på rekordtid. Teknikken gør det muligt at genplante kimplanter, mosser og mikroorganismer i jorden samt flora fra frørige mikro-økosystemer. For at sikre succes anbefales det at grave omkring tyve centimeter jord op, men hvis kildeområdet skal destrueres helt, kan der udtages 30-50 cm dybe græstørv. Da denne teknik forringer "donorøkosystemet", bør den kun bruges, når det oprindelige levested er truet af destruktion (på grund af urbanisering).

Mykorrhiza

En mykorrhiza er produktet af en symbiose mellem en mikroskopisk svamp og en rod. Denne forbindelse giver planterne mange fordele: bedre adgang til næringsstoffer og vand, beskyttelse mod sygdomsfremkaldende organismer, bedre modstandsdygtighed over for miljømæssig stress osv. For eksempel har det vist sig, at mykorrhizasvampe (i uforstyrrede økosystemer) forbedrer væksten sammenlignet med planter uden mykorrhiza (*Plenchette et al, 1983*).

Kontrolleret mykorrhiza indebærer, at man "kunstigt" genopretter det symbiotiske forhold mellem svampe og rødder. Selvom det især bruges i landbruget, kan det også være værdifuldt i genopretningsprojekter i bymiljøer (*Henry et al, 2021*).

Skabelse af mykorrhiza gøres bedst på plantningstidspunktet, især hvis planten har synlige rødder (f.eks. træer og buske), hvilket betyder, at produktet, der indeholder svampen, kan påføres direkte på rødderne. Ellers er det muligt at blande produktet med jorden. Denne proces bruges af anlægsgartnere og jordleverandører til at øge jordens frugtbarhed og fremskynde plantevæksten. Ud over denne produktivistiske tilgang er det muligt at skabe mykorrhiza for varigt at forbedre jordens funktioner. Plante & Cité udførte i 2009 i samarbejde med INRA i Nancy en undersøgelse for at vurdere røddernes mykorrhizastatus [55].



Mycelium (hvidt) fra en ectomycorrhizae-svamp, der er forbundet med rødder ©André-Ph. D. Picard

HØFLYTNING: EN TEKNIK, DER IKKE ER BEGRÆNSET TIL NATURLIGE MILJØER

Ecole des Sciences et de la Biodiversité i Boulogne-Billancourt blev bygget i 2014 og er tegnet af arkitekterne Chartier-Dalix. Det er et af de mest vellykkede eksempler på grøn arkitektur i Paris-regionen. Den enkelte og niveaudelte facade og det levende tag er resultatet af et samarbejde mellem arkitekterne og økologen Aurélien Huguet. Dybden af tagsubstratet varierer mellem 30 cm og 1 m, hvilket gør det muligt at skabe en række levesteder fra en eng til en urban "mikroskov". I 2020 besluttede arkitekterne at renovere engen for at øge dens potentiale for biodiversitet ved hjælp af økologiske teknikker. Hovedformålet var at øge diversiteten af flerårige blomstrende lokale arter, der er typiske for gamle enge. Projektteamet identificerede områder med tørre græsarealer i parken Marly-le-Roi. Efter aftale med parkmyndighederne blev et jordstykke identificeret som en "ideel donor" på grund af dens exceptionelle floristiske diversitet og kompatibilitet med forholdene på taget i Boulogne. I juni og juli blev der indsamlet frø med håndkraft fra de tidligst blomstrende arter (engsalvie, opret hejre, hjerte-græs), før området blev slået helt med håndkraft. De høstede frø og høet blev spredt ud på taget. Operati-



onen blev overvåget for at evaluere dens succes og for at finjustere praksis, hvor det var nødvendigt. Et år senere viste floristiske evolutionsindekser, at der var opstået elleve blomsterarter fra donorengen, samt flere nye insektarter.



Håndslåning i Marly Royal Park for at efterså taget på Ecole de Sciences et de la Biodiversité i Boulogne-Billancourt ©Sophie Deramond (nede)
©Aurélien Huguet (oppe)

ETABLERING AF LEVESTEDER FOR BIODIVERSITET

Selvom renaturering skal være kontekstspecifik og ikke kan generaliseres ved at henvise til en enkelt levestedstype, kan nogle principper anvendes mere eller mindre overalt, når man implementerer renatureringsprojekter. Afhængigt af projektet er det tilrådeligt at:

- Diversificere plantelag (moslag, urtelag, busklag, træer), arter og miljøer (enge, lunde, hække, damme, skrænter, sten osv.) for at tilbyde arterne forskellige forhold, som de kan tilpasse sig. Målet bør være at skabe en række forskellige områder.
- Skabe flere mikrolevesteder for arter, f.eks. bunker af sten, dødt træ eller vand (f.eks. en dam).
- Undgå at bruge kunstige barrierer (mure og hegn), som i høj grad hindrer arternes migration og fragmenterer landskabet. Hvis det er nødvendigt at beskytte et område (f.eks. for at undgå nedtrampning), skal indhegningen gøre det muligt for små dyr at passere igennem.
- Genoprette levesteder, der er specifikke for en gruppe af arter i stedet for at opsætte bistader, redekasser, insekthoteller og så videre.
- Begrænse materialernes økologiske fodaftryk ved at bruge dem, der allerede findes på stedet, og ved at undgå menneskeskabte materialer (geotekstilmembraner, plastbakker osv.).

FORVALTNING AF RENATUREREDE OMRÅDER

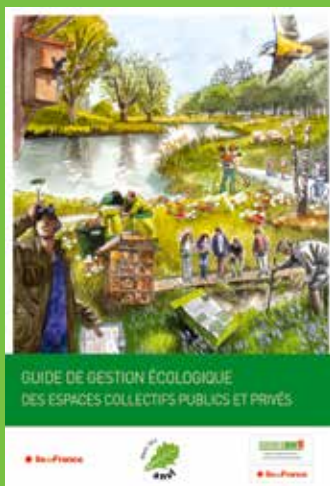
De mange måder, hvorpå renaturerede områder bruges, og deres værdi for samfundet betyder ofte, at de skal forvaltes på en eller anden måde. Naturområder i bymiljøer plejes imidlertid ofte for intensivt, hvilket er til skade for arternes biologiske cyklus og dyre- og plantelivets frie udfoldelse. At designe biodiversitetsvenlige områder kræver skræddersyede økologiske forvaltningsmetoder - eller endda at miljøet får lov til at udvikle sig frit. Økologisk forvaltning kræver, at man finder et kompromis mellem den relativt strenge og begrænsede vedligeholdelse af kommunale parker og haver og bevarelsen af naturreservater. Ved at kombinere de to kan man fremme biodiversiteten og samtidig imødekomme brugernes behov og forventninger. Denne tilgang kan være minimalistisk ved at reducere beskæringen af træer og buske, mens nogle områder kan efterlades uforvaltede. Det kan blot dreje sig om at gøre

stedet tilgængeligt og anlægge gangstier til rekreative aktiviteter. I nogle tilfælde kan hævede gangbroer gøre det muligt for folk at besøge stedet uden at forstyrre dyrelivet. Hvis målet er at bevare en målart eller et målsamfund, kan forvaltningsmetoderne skræddersys til deres specifikke karakteristika. Det vil afhænge af den gruppe af miljøer, der er målet (fjernelse af træagtige arter for at fokusere på urteagtig vegetation, græsning for at holde et område åbent, opretholdelse af områder med bar jord til bestøvere, indhentning af dødt træ osv.) I tilfælde af vådområder kan det være nødvendigt at beskytte damme eller rørskove for at holde miljøet i god stand. Under alle omstændigheder bør man altid rådføre sig med specialister for at minimere den menneskelige indgriben.



Et sted, der får lov til at udvikle sig frit: en del af det økologiske reservat Épinay-sur-Seine
©Marc Barra

STØTTE TIL OVERGANG TIL ØKOLOGISK FORVALTNING



ARB idF og ANVL (Association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du Massif de Fontainebleau) har udgivet en praktisk vejledning til økologisk forvaltning. Der er allerede udgivet mange vejledninger om emnet, men de har en tendens til at koncentrere sig om et bestemt tema (vandforurening, ukrudtsbekæmpelse osv.). Denne bog beskæftiger sig med tværgående emner som lokal biodiversitet, udledning af drivhusgasser og de virkninger, forskellige praksisser kan have på mennesker. Den erstatter ikke mere specialiserede vejledninger, som beskæftiger sig med en bredere vifte af problemstillinger og giver en mere detaljeret

beskrivelse af metoder i forbindelse med et bestemt tema. Man skal også huske på, at teknikker udvikler sig meget hurtigt [56]. Derudover blev EcoJardin-mærket indført i 2012 af Plante & Cité for at imødekomme et voksende krav fra offentlige organer og private virksomheder om at gå over til økologisk forvaltning af deres grønne rum [57].



MONITORERING OG INDIKATORER

Overvågning er nødvendig for at vurdere succesen af et renatureringsprojekt eller finjustere forvaltningstiltag. Ud over at overvåge biodiversiteten kan mange parametre vurderes over flere år, f.eks. jordkvalitet, økologiske tjenester (køling, gennemtrængning, luftkvalitet), økologiske forbindelser, samfundets accept osv. Overvågning skal ses som en måde, hvorpå man kan kommunikere om projekter og overbevise beslutningstagere om deres relevans. Der findes ikke en "overvågningsmodel", der kan anvendes på alle genoprettede områder: Det afhænger af det enkelte projekt (overfladeareal, genoprettede miljøer, mål, budget, interne kompetencer osv.)

Når det gælder overvågning af plante- og dyrelivet, er det tilrådeligt at henvise til en standardprotokol¹⁰, der gør det muligt at sammenligne stedet med lignende områder i

hele regionen og landet [58]. Vigie Nature's programmer med borgerinddragende videnskab er særligt nyttige til at udføre denne form for langsigtet overvågning. Kombineret med støtte og/eller formidling fra en lokal forening er borgerinddragende videnskab også en god måde at dele resultaterne af et renatureringsprojekt med lokalsamfundet på. Det tilrådes at fokusere på taksonomiske grupper, der giver mening i forhold til stedet og det genoprettede økosystem. Det er muligt at få hjælp fra naturforeninger eller økologiske foreninger til at udarbejde en opfølgingsplan og hjælpe med at foretage visse opgørelser, når der mangler interne kompetencer.

¹⁰ Det betyder en protokol, der er præcist defineret i et referencedokument, og som kan anvendes af forskellige operatører i flere regioner. Denne type protokol gør det muligt at overvåge projekter i stor skala over lange perioder. Standardprotokoller, der bruges i programmer med borgerinddragende videnskab, gør det f.eks. muligt at svare på nøglespørgsmål om almindelig biodiversitet.

MÅLGRUPPE	PROTOKOL	TYPE AF MILJØ	TID BRUGT	NIVEAU AF VIDEN
RHOPALOCERA (SOMMERFUGLE) 	STERF	Åbne miljøer	Minimum 4 timer om året pr. sted	Naturforsker
	Propage	Åbne miljøer	Minimum 3 x 10 minutter om året på et sted (juni til august)	Forvalter af grønne rum
	Opération Papillons	Åbne miljøer	En gang om året (marts til oktober)	For alle
Fugle 	STOC og / eller EPOC	Alle	En gang om året (marts til juni)	Naturforsker
	SHOC (almindelige fugle om vinteren)	Alle	En gang om året (december til januar)	Naturforsker
	Oiseaux des jardins (havens fugle)	Private haver; parker	Hele året rundt	For alle
GULDSMEDE 	STELI	Akvatiske miljøer	En gang om året (marts til oktober)	Naturforsker / forvalter af grønne rum
FLORA 	Vigie-Flore (almindelige planter)	Alle	En gang om året (april til august)	Naturforsker
	Sauvage de ma rue (gade flora)	By (gade)	Hele året rundt	For alle
	Florilège, (byenge)	Åbne miljøer	En gang om året (juni til juli)	Forvalter af grønne rum
	sTREEts (flora ved foden af træer)	By (foden af træer)	En gang om året (april til juni)	Naturforsker
BATS 	Vigie-Chiro (flagermus)	alle	To gange om året (juni til september)	Naturforsker
BESTØVENDE INSEKTER 	SPIPOLL	Arter i blomst, alle miljøer	Hele året rundt, varierende tidsforbrug	For alle

TABEL 15. Protokoller til overvågning af biodiversitet foreslået af Vigie-Nature. Listen er ikke udtømmende. For mere information om protokoller, se webografi [59; 60]]

INVOLVERING AF LOKALSAMFUNDET

Den økologiske krise i form af klimaforandringer og erosion af biodiversiteten skaber ofte en følelse af magtesløshed hos den enkelte. At deltage i et projekt med fjernelse af befæstelse og renaturering giver borgerne i lokalsamfundet mulighed for at blive aktivt involveret og viser dem, at de kan have en reel indflydelse på deres daglige miljø. Det er også en måde, hvorpå man kan få dem til at tage det offentlige rum tilbage og ændre deres måde at betragte byen på som svar på nye ambitioner. At overbevise folk om, at et projekt er værdifuldt, at gøre det acceptabelt, at udpege flere ambassadører ... der er mange gode grunde til at involvere borgerne i renatureringsprojekter. Desuden kræver renaturering forskellige niveauer af engagement. Disse omfatter forbedring af kommunikationen, inddragelse af folk i udførelsen af analyser, søgning efter befæstede områder, der kan renatureres, samarbejde omkring projektet, aktiv deltagelse i arbejdet på stedet og naturovervågning.

Uanset hvilket renatureringsprojekt der er tale om, er det vigtigt at kommunikere, informere og involvere folk i alle faser. Kommunikation bliver ofte glemt eller forsømt, men den begynder som regel efter, at de første skridt er taget, eller de første svar er formuleret. Den skal begynde før dette for at forberede lokale borgere, brugere, lokale embedsmænd og repræsentanter på de kommende

ændringer og bruge alle tilgængelige midler til at dele informationen så bredt som muligt (nyhedsbreve, sociale medier, workshops osv.). Dette er endnu vigtigere i forbindelse med et passivt renatureringsprojekt, der involverer passiv forvaltning. Kommunikation med fokus på fordelene i form af biodiversitet, sundhed, forbedring af levestandarden og risikostyring vil gøre det muligt for lokalsamfundet at tage de renaturerede områder til sig og forstå, hvor nyttige de er. Der findes mange forskellige metoder til oplysning, rådgivning og deltagelse. Her er blot nogle få til inspiration for fremtidige projekter:

Debatter, workshops og foredrag for at øge bevidstheden om, hvad der er på spil i et projekt med fjernelse af befæstelse/renaturering, og dele videnskabelig viden.

Kommunikationsværktøjer kan være i form af offentlige møder, artikler i lokalpressen og på sociale medier eller en dedikeret hjemmeside.

Der kan arrangeres meningsmålinger (spørgeskemaer eller en-til-en-interviews) for at indsamle meninger og ideer. Der kan arrangeres workshops om samarbejde omkring projekter. Lokalsamfundet kan inviteres til at deltage i arbejdet på stedet, og borgerne kan opfordres til at deltage i overvågning af plante- og dyrelivet via programmer med borgerinddragende videnskab.



Legepladsen "Oasis" i børnehaven Émeriau i Paris ©Théo Ménivard, CAUE Paris

Fjernelse af befæstelse i skolegårde: OASIS-programmet

Flere og flere kommuner fjerner befæstelsen i skolegårde og beplanter dem. Disse områder, som oprindeligt bestod af en betonplade og et par isolerede træer, har meget at byde på både uddannelsesmæssigt og miljømæssigt. Renaturering af disse har mange fordele: genskabelse af forbindelsen til naturen, undervisning af børn i miljø, en mere rimelig fordeling af pladsen, bekæmpelse af urbane varmeøer osv.

Mens arbejdet på nogle skoler er begrænset til regnvandshåndtering (udskiftning af jordbelægningen med et gennemtrængeligt alternativ), vælger flere og flere myndigheder at omdanne legepladser til beplantede områder. Ud over de direkte fordele for trivsel og sundhed er disse

områder ideelle rammer for undervisning i naturen, især via initiativer, der involverer borgerinddragende viden-skab¹¹. Det sæt anbefalinger, der blev udarbejdet som en del af Paris' byråds OASIS-program, indeholder et væld af oplysninger om, hvordan man fjerner befæstelsen på legepladser, og hvordan man inddrager uddannelsesmiljøet i deres design, hvilket er afgørende for sådanne projekters succes [61].

11 Vigie-Nature École-programmet, der drives af Muséum National d'Histoire Naturelle, tilbyder protokoller, der er tilpasset til skoler: <https://www.vigienature-ecole.fr/>



Fjernelse af befæstelse på af l'Ille-legepladsen ©RM

Opbrydning af en parkeringsplads: borgerinddragende fjernelse af befæstelse

I Canada og USA er der opstået flere initiativer med fjernelse af befæstelse. Siden 2005 har gruppen "Depave" i Portland, Oregon, været involveret i initiativer med fjernelse af befæstelse under sloganet "Fra parkeringspladser til paradis". Dette initiativ har givet inspiration til en lignende tilgang i Canada med titlen "Sous les pavés", som drives af Montreal Urban Ecology Center [62]. Dette borgerinddragende bylivsprojekt har til formål at fjerne befæstelsen

i offentlige og fælles rum kollektivt og med håndkraft og skabe beplantede områder. De lokale borgere er involveret i hele processen: De finder stedet, arrangerer workshops om samarbejdet, giver grønt lys til det endelige projekt, fjerner befæstelse og planter, og til sidst indvier de det sanerede sted. De udvalgte områder er på mellem 100 og 300 kvadratmeter. Først forberedes stedet af specialiserede entreprenører, der skærer asfalten op, som derefter kan bæres væk med håndkraft eller i trillebørrer og smides i en container.

DEPAVE-bevægelsen eksporteret til Rennes

Audiar, planlægningsorganet i Rennes, har støttet lokale strategier med projektet "Depave, la ville perméable" (Depave, den gennemtrængelige by). Inspireret af DEPAVE i Nordamerika analyserede en tænketank under Metropolitan Council ideen om at fjerne befæstelsen i offentlige rum for at forbedre praksis og skabe en fælles kultur. To projekter, der involverede det offentlige rum og en skole, blev analyseret. Besøg og workshops gjorde det muligt at dele nuværende praksis og spørgsmål, så der blev taget fuldt hensyn til problemstillinger vedrørende vand og biodiversitet. Arbejdet dannede grundlaget for Metropolitan Council's vejledning til planlægning af offentlige rum, som indeholder en ny referenceramme for fremtidige projekter. "Depave, la ville permeable" omfatter også et partnerskab med et akademisk forskningslaboratorium (LETG Rennes), som har til formål at bruge fjernmålingsteknologi til at identificere og overvåge uigennemtrængelige materialer i bystrukturen (igangværende arbejde).

Strasbourg ça pousse: et kollektivt program for havearbejde i det offentlige rum

Siden 2017 har byen Strasbourg tilbudt lokalsamfundet muligheden for at deltage i et program for havearbejde i det offentlige rum. Foden af træerne, fortovene og bygningernes facader giver alle mulighed for at bringe grønne planter ind i byen, udvikle områder, der kan huse biodiversitet og forbedre infiltrationen af regnvand, enten alene, sammen med naboer eller foran butikker. Initiativet, der er organiseret omkring en enkelt onlineplatform for urbant havearbejde, omfattede i 2020 ikke mindre end 160 projekter på byens fortove (befæstelse fjernet på 700 km²), 50 blomsterbede ved foden af træer og adskillige plantekasser installeret med hjælp fra lokale butiksindehavere [63]. I 2020 blev der udgivet en vejledning til projektledere for at hjælpe dem med at beslutte,

hvad de skal plante. Der diskuteres i øjeblikket ideer til forbedringer: forbedrede rådføringsprocedurer, et plantedonationsprogram og flere andre ændringer er planlagt for at forbedre forståelsen af initiativet og gøre det mere tilgængeligt for samfundet som helhed.



Borgerinddragende fjernelse af befæstelse og beplantning under en "Sous les pavés"-operation ©Martin Matteau, gratis tilladelse til brug givet af Center for Urban Ecology i Montreal. "Sous les pavés" har udgivet en vejledning til at gennemføre borgerinddragende projekter med fjernelse af befæstelse. Der foreslås værktøjer og aktiviteter til hver fase af projektet.

Ethvert nyt beplantningsinitiativ i det offentlige rum skal godkendes af byrådet og hovedstadsrådet. Projekterne skal også overholde protokollerne om "nul pesticider" og "lokalt fremskaffede planter" ©Alban Hefti/Strasbourg Eurométropole



BESKYTTELSE AF RENATUREREDE STEDER

Renaturering giver kun mening, hvis de genoprettede miljøer fortsætter med at trives på lang sigt. I Frankrig er naturområder beskyttet på følgende måder:

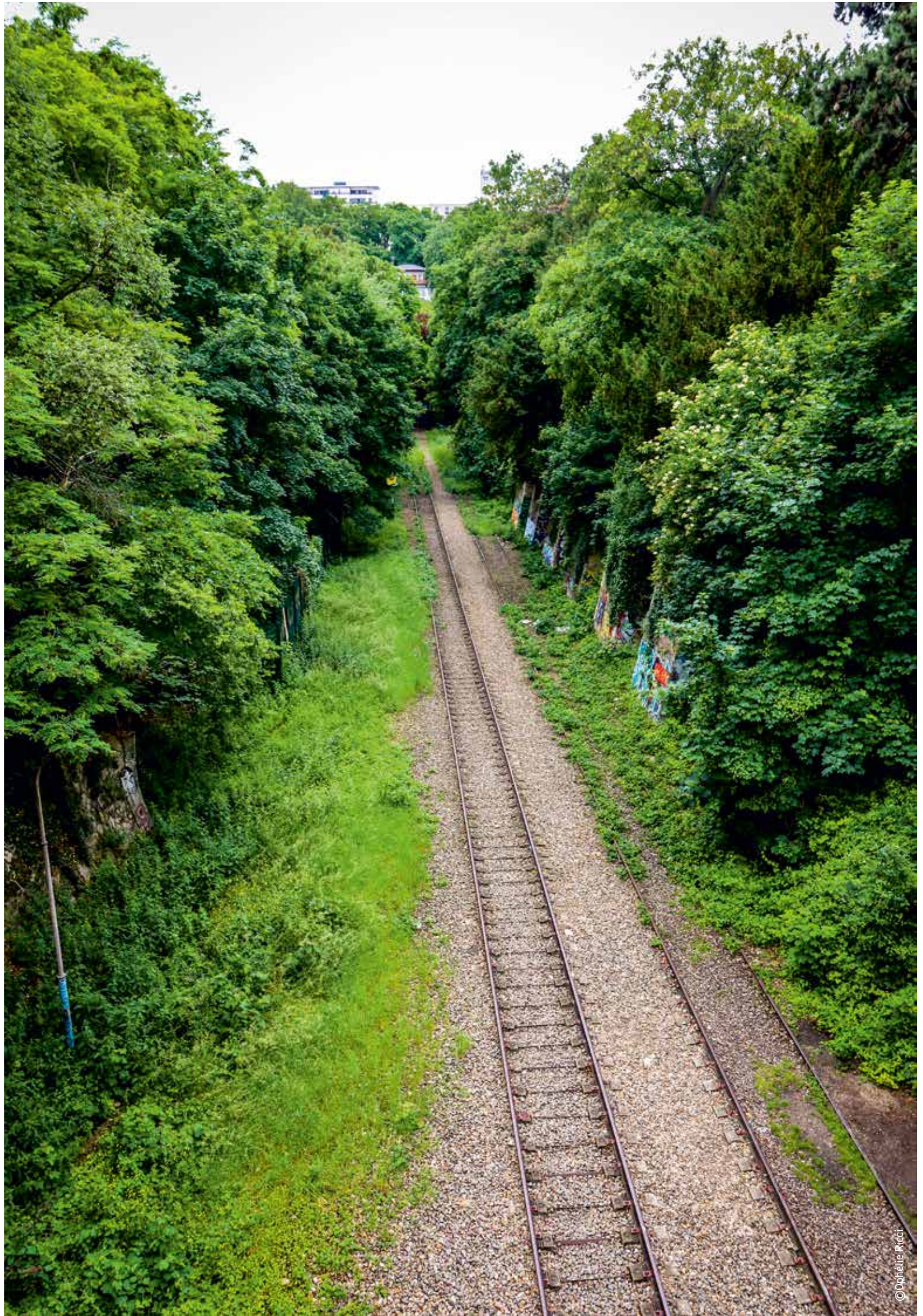
Offentlige organer kan købe jord for at beskytte den. Denne tilgang anvendes ofte i områder, der er truet af urbanisering. Lovmæssig beskyttelse kontrollerer eller forbyder menneskelige aktiviteter, der kan skade plante- og dyreliv og økosystemer (f.eks. love om beskyttelse af biotoper, biologiske reservater og fredede områder, planlægningsbestemmelser).

Kontraktlig beskyttelse indebærer uddelegering af forvaltningen af et naturområde inden for rammerne af en konvention i en bestemt periode.

Disse tilgange supplerer hinanden og kan bruges sammen for at give forstærket beskyttelse. Lokale myndigheder har flere værktøjer til rådighed, som let kan implementeres for at beskytte naturområder i bymiljøer, ofte kaldet "almindelig natur" (nature ordinaire).



Den naturlige bypark Repainville i Rouen dækker et område på 10 hektar. Det delvist renaturerede område, der engang var øremærket til urbanisering, er blevet klassificeret som "Zone N" (beskyttet naturområde) i byens masterplan for byplanlægning. ©Marc Barra/ARB ÎdF



KONKLUSION

De klima- og biodiversitetskriser, vi står over for i øjeblikket, er ikke hugget i sten og kan stoppes. Mere end nogensinde før tilskynder de os til kollektivt at gentænke vores livsstil og den måde, vi designer og forvalter vores byer på. Hidtil har urbanisering haft en tendens til blot at dække jorden med veje og bygninger. I Frankrig var den gennemsnitlige arealinddragelse 27.638 hektar om året i 2009-2019 (*Bocquet, 2021*). Denne uholdbare dynamik skriger på strukturelle reformer, både for at bremse byspredningen og for at rette op på fortidens fejl. En ny pagt mellem naturen og byen synes mulig, hvis vi finder frem til mere beskedne udviklingsmetoder, forbedrer beskyttelsen af økosystemer og fremskynder renatureringen af forringede eller befæstede miljøer.

Mange byer kæmper med for stor tæthed og mangel på grønne områder. Ideen om kompakte byer og fortætning er nu ved at blive genovervejet til fordel for små og mellemstore byer (*Faburel et al, 2020*). Selvom 75% af den franske befolkning bor i byområder, går et stort flertal ind for, at naturen skal vende tilbage til byen, især for at forbedre levestandarden. Fordelene ved naturen i byen behøver ikke længere at blive demonstreret, uanset om det drejer sig om tilpasning til klimaforandringer (vandforvaltning, køling), folkesundhed (luftkvalitet, rekreative områder) eller støtte til mange arter, hvis antal er faldet betydeligt i de senere år. Endnu en gang taler disse observationer for en renaturering af bymiljøerne.

Økologisk teknik og forskning i økologisk genopretning har gjort det muligt at indsamle en betydelig mængde viden og ekspertise, som kan udnyttes til at påbegynde en sådan genopretning i byerne. Som mange projekter vidner om, har renaturering af befæstet jord allerede vist sit værd, og tidligere projekter kan give inspirerende feedback. Økologisk genopretning i bymiljøer er dog en ret ny udvikling. Denne vejledning har til formål at udbrede viden om emnet, at hjælpe offentlige organer med at udarbejde strategier og at tilskynde til deling og eksperimentering.

Renaturering er også en invitation til at styrke forbindelserne mellem byens interessenter, som stadig er for svage. Byplanlæggere, entreprenører, byrådsmedlemmer og teknikere må mere end nogensinde før søge hjælp hos økologer og naturforskere, når de tænker på morgendagens byer og indleder en form for renaturering, der er i stand til at give effektive økologiske og klimatiske svar. Bydesign skal også åbne op for lokalsamfundet, som skal placeres i hjertet af bypolitikken. At overbevise folk og gøre projekter acceptable for dem, at genindtage det offentlige rum, at gøre brug af ambassadører og at anvende opfindsomme tilgange er alle måder, hvorpå man kan motivere medlemmer af lokalsamfundet til at deltage i renatureringen af vores byer.

HOVEDPUNKTER DER ER VÆRD AF HUSKE PÅ



1

Renaturering betyder **at bringe økosystemer, der er blevet forringet eller ødelagt af menneskelig aktivitet, tilbage til en naturlig eller delvis naturlig tilstand**. Den kan være passiv (at lade naturen gå sin gang) eller aktiv (økologisk teknik). Det vedrører en bred vifte af miljøer.

2

Renaturering indebærer **at genoprette "åben jord" og levende jord**. Fjernelse af befæstelse, som har til formål at gøre jorden gennemtrængelig, er nødvendig, men ikke tilstrækkelig. Selvom løsninger over jorden i bymiljøer (f.eks. grønne tage) giver reelle fordele, kan de ikke betegnes som renaturering.

3

I modsætning til renaturering henviser begrønning til plantefokuserede tilgange, hvis mål hovedsageligt er æstetisk. **Renaturering er baseret på viden om økologi og bevidsthed om alle niveauer af biodiversitet** (genetisk, specifik og økologisk).

4

URBANISERING DÆKKEDE

539 km²
JORD PR. ÅR I
EUROPA

MELLEM 2012 OG 2018.

Det skal være en prioritet at undgå nye arealinddragelser ved at arbejde inden for rammerne af den eksisterende bystruktur og ved at gøre alt for at beskytte naturområder.

5

Implementering af net zero-arealinddragelse kræver en kompleks strategi, der sigter mod (a) **at reducere byspredning** ved at tilskynde til fornyelse og fortætning og (b) **at genoprette områder, der er brugt til urbanisering** ved hjælp af renatureringsprojekter.

6

Fortætning må ikke ske på bekostning af små vilde områder i byer og haver eller beplantede områder på ubenyttede grunde med dokumenteret økologisk værdi.

7

Selvom Paris-regionen "kun" er ansvarlig for 5% af arealinddragelsen i Frankrig, mens den er hjemsted for 20% af befolkningen, er det også landets **mest urbaniserede region**. Renaturering bør gøre det muligt at få vendt den hidtidige tendens inden for arealinddragelse: Udfordringen er at gennemføre økologisk genopretning i byområder og at øge mængden af vilde områder, de tilbyder.

8

Renaturering bør **fokuseres på befæstede overflader** (parkeringspladser, offentlige pladser osv.) for at maksimere de økologiske fordele.

9

Begrebet "åben jord" (pleine terre) henviser til flere jordbundsrelaterede kriterier: jorddækningsmateriale, vertikal kontinuitet, horisontal kontinuitet (den brune forbindelse), fysisk, kemisk og biologisk kvalitet og gennemtrængelighed.



10

REGREEN-metoden fremhæver prioriterede renatureringszoner i Paris-regionen med henblik på at lokalisere potentielt renaturerbare områder og måle deres renatureringspotentialer.

11

REGREEN har identificeret **30.535,31 hektar potentielt renaturerbare steder**, svarende til

2,54%
AF
PARIS-REGIONEN

12

Steder, hvor renaturering vil give fordele i forhold til **alle 3 hovedudfordringer** (biodiversitet, klimaforandringer, sundhed), udgør i alt **7.016,79 hektar**.

13

Økologisk analyse er påkrævet forud for ethvert renatureringsprojekt. Det omfatter opgørelser over flora, fauna og levesteder, jordbundsanalyser og undersøgelser af den økologiske kontinuitet inden for projektets rammer.



14

Fytoremediering betyder, at man bruger planter til at dekontaminere jorden. Teknikkens effektivitet er blevet bevist, selvom den er ret tidskrævende. Det er også **op til ti gange billigere** end standarddekontamineringsmetoder.

15

"Technosoils" er jord konstrueret af materialer, der betragtes som byaffald (beton, murbrokker, jernbaneballast). De leverer økosystemtjenester, der ligner dem, som naturlig jord leverer: kulstoflagring, nedbrydning af organisk materiale osv. Ved at bruge nye teknikker som f.eks. technosoils undgår man at hente naturlig jord fra andre steder, hvilket blot flytter konsekvenserne af arealinddragelse.

17

Hvis man inddrager lokalsamfundet i renatureringsprojekter, bliver det nemmere for borgerne at acceptere dem og gøre dem til deres egne, hvilket sikrer deres langsigtede succes. Kommunikation er endnu vigtigere for projekter, hvor det renaturerede område ikke forvaltes, for at imødegå folks forudfattede meninger.



16

Korrekt forvaltning af et renatureret område er lige så vigtigt som selve renatureringsprocessen. Et intensivt forvaltet renatureret område kan ikke udtrykke sit fulde potentiale, i modsætning til et økologisk forvaltet eller uforvaltet område.

18

Der er **mange juridiske værktøjer, der gør det muligt at sikre, at et renatureringsprojekt overlever på lang sigt**: jordkontrol, regulatoriske procedurer og kontraktlig uddelegering af forvaltningen af området er måder, hvorpå man kan sikre, at renaturerede områder ikke bliver bebygget nogle få år senere.

BEGREBER OG DEFINITIONER

Denne ordliste har til formål at definere visse nøglebegreber i lyset af den viden, der findes i den videnskabelige litteratur, og at give yderligere forklaringer.

BIOINDIKATOR

En organisme (dyr, plante, bakterie, svamp) eller gruppe af organismer, hvis tilstedeværelse eller tilstand giver information om kvaliteten af miljøet. I henhold til projektets formål kan der skelnes mellem flere typer bioindikatorer (Argillier et al, 2008): diagnostiske bioindikatorer, som gør det muligt at måle ændringer i forbindelse med menneskelige aktiviteter og sammenligne dem med mindre forstyrrede økosystemer; målrelaterede bioindikatorer, som gør det muligt at afgøre, om målene er nået; og bioindikatorer til tidlig varsling, som advarer om eksistensen af miljøforgiftningsprocesser, før der opstår mere alvorlige effekter i økosystemet.

BROWNFIELD-OMRÅDE se UBENYTTET JORD

FJERNELSE AF BEFÆSTELSE (OGSÅ FJERNELSE AF BELÆGNING)

At gøre jordoverfladen gennemtrængelig igen. Fjernelse af befæstelse er en del af en række alternative metoder og teknikker til håndtering af regnvand, som fremmer nedsivning og oplagring af regnvand ved kilden. Det er en nødvendig, men ikke tilstrækkelig, betingelse for genopretning af økologiske jordfunktioner. Brug af porøse jordbelægningsmaterialer (f.eks. gennemtrængelige belægninger) er ikke det samme som fuldstændig renaturering.

ØKOLOGISK GENOPRETNING

Delvis eller fuldstændig genopretning af et miljø eller landskabs funktioner, især deres jordfunktioner, og tilbagevenden til en naturlig eller semi-naturlig tilstand. (Kan også betegnes som "tilbageførsel af arealinddragelse". Den franske standardbetegnelse er *désartificialisation*).

ØKOLOGISK TEKNIK

"Forvaltning af miljøer og design af bæredygtige, tilpænsdygtige, multifunktionelle løsninger inspireret af eller baseret på de mekanismer, der styrer økologiske systemer (selvorganisering, diversitet, heterogene strukturer,

resiliens)". (Abbadie et al, 2015). Økologiske ingeniører er involveret i at rehabilitere forringede økosystemer, genoprette funktionelle samfund, genintroducere arter og skabe bæredygtige nye økosystemer, der er værdifulde for mennesker og biosfæren. Økologisk teknik betyder "styring af projekter, der gennemføres og administreres [...] på en sådan måde, at de understøtter økosystemernes resiliens" (Journal Officiel, 18/08/2015 1). Renaturering, når det ikke sker spontant, gør brug af ekspertise og teknikker inden for økologisk teknik.

ØKOLOGISKE FORBINDELSER

I 2007 anerkendte Grenelle de l'Environnement fragmentering af levesteder som en af årsagerne til biodiversitetens tilbagegang. Denne bevidsthed resulterede i lanceringen af en ny politik støttet af Ministeriet for økologi, bæredygtig udvikling og energi, kaldet "Grønne og blå forbindelser". Begrebet "forbindelse" er forbundet med målet om at opretholde eller genoprette netværk, der gør det muligt for dyre- og plantearter at bevæge sig rundt og gennemføre de forskellige stadier af deres livscyklus. Politikken med grønne og blå forbindelser er også baseret på begreber fra landskabsøkologien (Keitt et al, 1997; Henein & Merriam, 1990; Pulliam, 1988; Forman & Baudry, 1984). Biodiversitetsreservoirer er miljøer, hvor dyrelivet kan leve og reproducere sig selv, mens korridorer gør det muligt for arter at bevæge sig mellem disse steder. Politikken med grønne og blå forbindelser anvendes på regionalt niveau i Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE'er: Plan for regional økologisk sammenhængskraft) og på subregionalt niveau i planlægningsdokumenter, naturparkvedtægter osv. Forskere foreslår nu nye forbindelser for andre rum, der bebos af biodiversitet - luften, jordoverfladen og jorden - for eksempel den "sorte forbindelse" (brugt af nataktive arter), den "brune forbindelse" (jordboende arter) og "luftforbindelsen" (brugt af bevingede arter) (Sardello, 2021).

ØKOLOGISKE TJENESTER

Dette begreb opstod i 1980'erne blandt naturforskere, der var involveret i bevaringsprogrammer. Det udviklede sig betydeligt i slutningen af 1990'erne takket være økonomerne Robert Costanza (Costanza et al, 1997) og John Daly (Daly, 1997), men det tog for alvor fart efter offentliggørelsen af Millennium Ecosystem Assessment i 2005. Det

1 JORF du 18 aout 2015 : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000031047578>

henviser til de fordele, som menneskelige samfund opnår ved velfungerende økosystemer. Disse tjenester er generelt opdelt i fire hovedkategorier:

- Forsynende tjenester: økosystemernes "produkter" (tømmer, fisk, pollen, adgang til vand osv.)
- Regulerende tjenester: fordele fra velfungerende økosystemer (beskyttelse eller begrænsning af skader under oversvømmelser, bestøvning, CO₂-lagring, begrænsning af virkningerne af klimaforandringer, vandrensning osv.)
- Kulturelle tjenester: Uhåndgribelige fordele, der stammer fra vores forhold til et økosystem (fritid, uddannelse osv.)
- Understøttende tjenester: tjenester, der er nødvendige for produktionen af alle de andre tjenester, og som sikrer, at økosystemerne fungerer korrekt (jordbundsdannelse, biogeokemisk kredsløb, primærproduktion osv.)

Dette begreb skal bruges med forsynlighed og kan vække kritik ved at bidrage til at etablere en nyttebestemt (eller endda monetaristisk) tilgang, mens der ikke tages tilstrækkeligt hensyn til divergerende visioner og værdier i forhold til naturen. Beskyttelse af biodiversitet og forvaltning af økosystemtjenester er to separate processer, der ikke nødvendigvis passer sammen. Biodiversitet kan tilbyde flere økosystemtjenester (kulstoflagring, landskabskvalitet, vandretention osv.), men den kan ikke reduceres til kategorier af tjenester alene. En sådan tilgang kan føre til dårlige praksisser, der fokuserer på en eller flere tjenester, mens økosystemernes integritet ignoreres (monokulturer til kulstofbinding, overudvikling af bistader på bekostning af vilde bestøvere osv.) Det er vigtigt at huske, at beskyttelse af biodiversitet primært involverer etiske overvejelser, hvor nyttebestemte parametre ikke har nogen plads. I stedet for at spørge "hvorfors beskytte biodiversiteten?", får en etisk tilgang os til at spørge "hvorfors ødelægge den?" (*Sarrazin et Lecomte, 2016*)

INGENIØRARTER

En art, hvis tilstedeværelse og aktivitet ændrer dens miljø betydeligt (f.eks. bæver, regnorm). Begrebet økosystemingeniører blev foreslået i 1994 af Clive Jones. Det refererer til organismer, der ændrer deres miljø så meget, at de har en betydelig effekt på arterne omkring dem. Der er to typer økosystemingeniører: autogene ingeniører, som er organismer, der ændrer miljøet ved deres blotte tilstedeværelse (f.eks. et træ, der opfanger lys og dermed skaber særlige betingelser for fotosyntesen i nærliggende planter) og allogene ingeniører, hvis aktivitet ændrer deres miljø. Bæveren er det enkleste eksempel. Spætten, som lader svampe eller andre fugle bruge de huller, den laver i træerne, er et andet. Inden for økologisk teknik er ingeniørorganismer ekstremt værdifulde værktøjer til at renaturere miljøer.

FACILITERENDE ARTER

En art, hvis tilstedeværelse muliggør eller forbedrer udviklingen af andre arter. En faciliterende plante eller "moderplante" vil lette etableringen og væksten af andre arter ved at give dem et refugium. Dette refugium kan give beskyttelse ikke kun mod rovdyr, men også mod miljømæssige stressfaktorer som sollys, tørke, varme eller kulde.

FERALITET

Det at vende tilbage til den vilde tilstand efter at være blevet gjort tam. Det kan henvise til et dyr eller en plante eller til et helt økosystem, som Schnitzler og Génot anfører (2012). Dette koncept ligger tæt op ad rewilding.

GRØNT RUM

Begrebet grønt rum hører til i by- og landskabsplanlægningens leksikon. I byområder er grønne rum områder, der endnu ikke er bebygget, og som er overladt til planter (herunder træer). Det kan være skovområder eller områder, der bruges til landbrugsformål.

LANDSKABSØKOLOGI

En disciplin inden for økologi, der indebærer studier af økologiske processer inden for landbrug, og som betragter dets sammensætning og konfiguration som nøgleelementer, der påvirker disse processer. Et af nøglebegreberne inden for dette felt er landskabskonnektivitet, som fremhæver betydningen af økologiske netværk i populationsdynamikken (*Bourgeois, 2015*). Principperne for landskabsøkologi skal mobiliseres inden for rammerne af et renatureringsprojekt for at sikre, at det er sammenhængende i forhold til de andre rumlige skalaer såvel som dets lokale miljø.

AREALINDDRAGELSE (artificialisation på fransk)

Arealinddragelse er resultatet af menneskelig indgriben, hvis sidste fase er befæstelse af jorden. Det er kompliceret at give en definition af arealinddragelse, og det kræver, at man tager højde for mange dimensioner, herunder jordbundsforhold, biodiversitet og landskab. Videnskabelige og regulatoriske definitioner afviger ofte fra hinanden. I Frankrig blev artificialisation defineret i bred forstand som "udnyttelse af landbrugs-, skov- og naturområder", før loven om klima og resiliens blev vedtaget i august 2021. Loven fra 2021 introducerede en ny definition, der henviser til "varig forringelse af nogle af eller alle jordens økologiske funktioner, især dens biologiske, hydrologiske og klimatiske funktioner, samt dens agronomiske funktion via dens anvendelse". Dette er tættere på økologernes definition, som mener, at der er flere grader af artificialisation, hvor det sidste stadie er befæstelse på grund af byggeri eller asfaltering/betonering. Det indebærer ikke desto

mindre at kunne vurdere jordens tilstand og funktioner ved hjælp af specifikke måle- og overvågningsværktøjer. I byområder gør den store variation i jordbund og de mange gradienter af økologisk kvalitet i grønne rum det vanskeligt at definere grænsen mellem *espace artificialisé* og *espace non artificialisé* (områder, hvor der er sket/ikke er sket arealinddragelse).

NATURLIGHED se VILDHED

PIONERARTER

De første arter, der koloniserer eller genkoloniserer et givet miljø. Det kan være et nyoprettet miljø (en mur, et område med ubenyttet jord, et sted hvor befæstelsen er blevet fjernet osv.) eller et nyligt forstyrret miljø (opfyldning, en byggeplads i byen, et område med fældede træer, et jordskred, et område, hvor muldjorden er blevet fjernet osv.) Pionerer er de første arter, der dukker op i begyndelsen af en økologisk succession.

PLANTETEKNIKKER

Implementering af teknikker, der bruger planter og deres mekaniske og/eller biologiske egenskaber til: kontrol, stabilisering og håndtering af eroderet jord; genopretning, rehabilitering eller renaturering af forringede miljøer, herunder indarbejdelse af løsninger i landskabet; og fyto-rehabilitering eller fyto-remediering (dekontaminering af jord og vand ved hjælp af planter) (Rey et al, 2015).

REHABILITERING (OGSÅ REFUNKTIONALISERING)

Dette betyder at skabe et økosystem, der strukturelt og funktionelt er identisk med det, der eksisterede før en forstyrrelse (Séré, 2007). Dets sammensætning (dvs. dets specifikke diversitet og volumen) adskiller sig dog fra det oprindelige økosystem.

RENATURERING

I bredeste forstand betyder renaturering, at økosystemer, der er blevet forringet, beskadiget eller ødelagt af menneskelig aktivitet, vender tilbage til en naturlig eller delvis naturlig tilstand. Det er synonymt med økologisk genopretning og kan være enten aktiv eller passiv. Aktiv renaturering indebærer handlinger, der igangsætter eller fremskynder selvreparationen af det pågældende økosystem. Passiv renaturering, der bruges, hvor skaden er mindre alvorlig, tillader naturlige processer at genoprette økosystemet. Renaturering kan bruges til både naturlige og seminaturlige økosystemer. Målet om net zero-arealinddragelse ser renaturering som en måde at kompensere for eller vende arealinddragelse på og definerer det som det sæt af processer, der gør det muligt at genoprette forstyrret jord til dets oprindelige naturlige tilstand.

RESILIENS / NATURLIG REGENERERING

Ordet resiliens kommer fra det latinske verbum *resiliare*, som betyder "at springe tilbage". Inden for økologi bruges udtrykket om den måde, hvorpå en organisme, en art (taxon) eller et økosystem er i stand til at modstå større eller mindre forstyrrelser (natur- eller industrikatastrofer osv.) og vende tilbage til sin normale måde at fungere på. Resiliens afhænger generelt af økosystemernes diversitet og kompleksitet og af individernes genetiske arv. Når begrebet anvendes på et land eller et område, bruges det til at vurdere den sociale sårbarhed over for miljømæssige og økonomiske risici, så området bedre kan forsvare sig mod eksterne farer. Det angiver stabiliteten i et økosystem, og hvor hurtigt det er i stand til at vende tilbage til en stabil tilstand efter en forstyrrelse (Triplet, 2021). "Naturlig regenerering" henviser til et økosystems evne til at genoprette sig selv spontant efter en forstyrrelse, der kunne have ført til hel eller delvis ødelæggelse. Det er således synonymt med resiliens. Renatureringsprojekter, hvis mål er spontan genkolonisering, baserer sig på resiliens.

REWILDING

Dette begreb kan enten dreje sig om genindførelse af arter, der forsvundet for århundreder eller årtusinder siden, eller om fraværet af menneskelig indgriben i et givet område (også kendt som naturlig regenerering). I tilfælde, hvor man sigter mod et totalt fravær af menneskelig indgriben, er alle aktiviteter, der trænger sig ind på naturen, forbudt, og området forvaltes ikke. Mennesker er dog ikke helt udelukket, og besøgende kan tillades, hvis de bruger specielt anlagte stier og observationspunkter. Rewilding er synonymt med naturens "frie evolution". Et område med "frie evolution" er et område, der styres af naturlige processer. Det består af levesteder, der er store nok til, at naturlige processer kan fungere. Det er umodificeret (eller ikke væsentligt modificeret) og er ikke genstand for indgribende eller udvindende menneskelig aktivitet, permanent beboelse, infrastruktur eller visuel forstyrrelse [64].

BEFÆSTELSE

Permanent dækning af jorden med et menneskeskabt ikke-gennemtrængeligt materiale (f.eks. asfalt eller beton), især til opførelse af bygninger og veje.

URBAN AVOIDER

En art, der har tendens til at undgå det urbane miljø, eller som forsvinder, når urbanisering fører til tab af levesteder, mangel på ressourcer, der er nødvendige for overlevelse, eller forstyrrelser. Arter, der har brug for et stort udbredelsesområde, påvirkes ofte af urbanisering, f.eks. visse rovfugle og pattedyr. Nogle arter formår at klare sig i bymiljøet uden egentlig at nyde godt af det. Disse kaldes "tolerante arter".

BYØKOLOGI

En underdisciplin inden for økologien, der studerer urbane økosystemer og søger at forstå dynamikken, udviklingen og karakteristika ved biodiversiteten i større og mindre byer og landsbyer. Byøkologi er en del af en multidisciplinær tilgang, der forsøger at forstå spillet mellem mennesker og dyre- og plantelivet i byområder. Den trækker på områder inden for natur- og samfundsvidenskab som sociologi, demografi, geografi, økonomi og antropologi. Byøkologiens rødder går tilbage til 1950'erne med Berlin School of Urban Ecology (Sukopp) og Chicago School of Urban Ecology (Park, Burgess & McKenzie). Byøkologi er i vækst og samler økologer og vigtige interessenter i byerne (planlæggere, landskabsdesignere, arkitekter) med det formål at udvikle metoder og løsninger, der kan hjælpe med at opbygge byer, der tager hensyn til plante- og dyrelivet. *Manual of Urban Ecology* (2019), der er skrevet af økologerne Audrey Muratet og François Chiron og illustreret af fotografen Myr Muratet, præsenterer opdateret viden om, hvordan naturen fungerer i urbane omgivelser.

URBAN EXPLOITER

En art, der er meget afhængig af mennesker for at få mad og ly, eller som har fundet økologiske forhold i byområder for at være tæt på dens oprindelige miljø (f.eks. vedbentorskemund, klippedue, skade) (*Muratet et al., 2019*)

URBANISERING

Den voksende koncentration af befolkningen i bycentre. Ordet "metropolisering" henviser til den samme proces, men fra et mere økonomisk, politisk og symbolsk perspektiv, der antyder de højeste niveauer i organiseringen af bysystemer.

UBENYTTET JORD

Der er ikke nogen generelt accepteret definition af, hvad der udgør ubenyttet jord. Områder med ubenyttet jord varierer meget på grund af deres historie, deres karakteristika og de overordnede miljøer, de udgør en del af. Det kan være tidligere industrigrunde (i så fald kaldes de brownfield-områder). Ubenyttet jord fremkalder forskellige og modstridende reaktioner. En lokal borger, en planlægger, et lokalt byrådsmedlem, en økolog, en antropolog og en fotograf vil alle have forskellige måder at betragte ubenyttet jord på. Desuden er ubenyttet jord ikke fastlåst i tid. Den ændrer sig konstant, hvilket gør det endnu sværere at definere. Alle områder med ubenyttet jord har imidlertid én ting til fælles: tanken om forladthed og vanrøgt. Det er steder, hvor mennesker er holdt op med at gøre noget, og hvor naturen gradvist vender tilbage. Selvom de er forladte, er disse rum langt fra ubeboede. Dyre- og plantelivet vender frit tilbage til dem, og de huser en række naturlige levesteder, der hver især svarer til et stadie i den økologiske succession, der starter med bar jord og slutter

med skov. Forskellige miljøer og manglende forvaltning gør steder med ubenyttet jord til udklækningssteder for biodiversitet. I modsætning til parker og haver i byområder huser ubenyttet jord de såkaldte "urban avoiders". Det er ikke kun et refugium for biodiversitet, men også en mellemstation for arter i den urbane matrix (de "grønne og blå forbindelser"). På fransk svarer udtrykket "[et område med] ubenyttet jord" til une friche, og et brownfield-område er une friche industrielle.

VILDE/LOKALE/HJEMMEHØRENDE ARTER

En art, hvis tilstedeværelse i et økosystem eller område er resultatet af en naturlig proces uden menneskelig indgriben. Brugen af vilde planter, der er indsamlet i deres naturlige omgivelser, er relevant for aktiviteter, der har til formål at genoprette den økologiske funktionalitet i miljøer. Wilde og lokale planter (indsamlet på bæredygtig vis i det biogeografiske område) drager fordel af langsigtet samudvikling med lokal flora og fauna og bidrager dermed til funktionen af de økosystemer, de er forbundet med. Omvendt er havebrugsarter planter, der er blevet udvalgt for at skabe prydanter. De er udvalgt på grund af deres æstetiske udtryk og har generelt kun ringe genetisk diversitet, hvilket gør dem mere sårbare over for udefrakommende faktorer (vejrforhold, patogener osv.) end lokale arter.

VILDHED, NATURLIGHED, VILDNIS

Et vildnis er et område, der kun har været udsat for lidt eller slet ingen forstyrrelse eller forringelse fra mennesker: det er et jomfrueligt eller næsten jomfrueligt område. Vildhed (eller "naturlighed") henviser til et naturområdes biofysiske integritet og spontanitet og de rumlige og tidsmæssige kontinuiteter, der findes i det (*Guetté et al., 2018*). Begrebet vildhed kan bruges til at definere visse (nogle gange modsatrettede) kvaliteter ved et område, som betegnes som mere eller mindre "vildt" eller "naturligt". I bymiljøer kan det være nyttigt at skelne mellem "ikke-vilde" grønne områder (græsplæner, blomsterhaver), som er af lav økologisk kvalitet, og "vilde" grønne områder (ubenyttet jord, uforvaltede eller forladte områder), som er tættere på ægte naturområder eller vildnis.



BILAG

BILAG 1

EKSEMPLER PÅ MINIMUMSAREALER, DER ER NØDVENDIGE FOR AT BEVARE VISSE TAKSONOMISKE GRUPPER

ARTER	SAMMENHÆNGENDE OMRÅDE PÅKRÆVET FOR URBANOFIL ARTER	KILDER
Fugle	5 ha	<i>Beninde et al, 2015</i>
Frøer og tudser	3 ha	<i>Drinnan, 2005</i>
Flora og svampe	2 ha	<i>Drinnan, 2005</i>
Bestøvere	8 ha	<i>Hinners et al, 2012</i>
Biller	8 ha	<i>Salder et al, 2006</i>

ARTER	KONTINUERLIGT OMRÅDE PÅKRÆVET FOR "URBAN AVOIDERS"	KILDER
Fugle	46 ha	<i>Beninde et al, 2015</i>
Frøer og tudser	50 til 72,5 ha	<i>Drinnan, 2005</i>
Bestøvere	20 ha	<i>Hinners et al, 2012</i>
Krybdyr	50 ha	<i>Vignoli et al, 2009</i>

BILAG 2

DETALJER OM UNDERSØGELSE AF EKSPONERING FOR AFSTRØMNINGSRISIKO (1)

Befæstelsesgraderne inddeles i 3 kategorier: høj, middel og lav. Gradienter (hældninger) er også inddelt i 3 kategorier: høj (over 7%); medium (3 - 7%); lav (mindre end 3%). Derefter tildeles der værdier til hver kategori, så dataene kan sammenlignes. Områder med høj grad af befæstelse scorer 0, områder med en lav grad af befæstelse scorer 1, og områder, hvor befæstelse er på et lavt niveau, scorer 2. Områder med en stejl gradient scorer 0, områder med en middel gradient scorer 1, og områder med en lav gradient scorer 2.

Disse værdier sammenlignes derefter og opsummeres i tabellen nedenfor. Kumulative værdier omklassificeres, så de ligger mellem 0 og 2 (værdien til højre i tabellen), hvilket gør det muligt at få oplysninger, der afspejler risikoen for afstrømning afhængigt af gradient og befæstelsesgrad. Cellerne får derefter den score, der er forbundet med den primære risiko, de står over for. Høj eksponering for afstrømning scorer 0, middel eksponering scorer 1 og lav eksponering scorer 2.

BEFÆSTELSESNIVEAU	VÆRDIER
Høj	0
Middel	1
Lav	2

GRADIENT	VÆRDIER
Høj	0
Middel	1
Lav	2

BEFÆSTEL- SESNIVEAU \ GRADIENT	GRADIENT		
	HØJ (= 0)	MIDDEL (= 1)	LAV (= 2)
Høj (= 0)	0 → 0	1 → 0	2 → 1
Middel (= 1)	1 → 0	2 → 1	3 → 2
Lav (= 2)	2 → 1	3 → 2	4 → 2

Krydstabel med analyse af eksponering for afstrømningsrisiko afhængigt af gradient og befæstelsesgrad

BILAG 3

DETALJER OM UNDERSØGELSE AF EKSPONERING FOR AFSTRØMNINGSRISIKO (2)

Områderne blev inddelt i 3 kategorier: ubebyggede områder, åbne bebyggede områder (f.eks. parker, kirkegårde) og tæt bebyggede områder (f.eks. boligområder, erhvervsparker). Oversvømmelsesrisikoen blev inddelt i 3 risikokategorier: lav (mindre end 1 m oversvømmelse eller langsomt strømmende vand); høj (1 - 2 m); meget høj (over 2 m, eller mellem 1 og 2 m hurtigt strømmende vand). Hvad angår resten af metoden, blev der tildelt værdier til forskellige typer af områder og forskellige typer af risici, så deres kumulative påvirkninger kunne undersøges. Ubebyggede områder scorer 3, åbne bebyggede områder scorer 1, og tæt bebyggede områder scorer 0. Lav til middel risiko scorer 2, høj risiko scorer 1, og meget høj risiko scorer 0.

Disse værdier sammenlignes derefter og præsenteres i tabellen nedenfor. Kumulative værdier er omklassificeret til at ligge mellem 0 og 2 (værdien til højre i tabellen). Dette giver information, der afspejler eksponeringen for oversvømmelsesrisiko afhængigt af områdetype og den potentielle intensitet af oversvømmelsen. Derefter tildeles en score til de 125 m celler afhængigt af det primære risikoniveau i hver celle.

Cellerne får derefter en score, der er forbundet med det risikoniveau, de står over for. Høj eksponering for oversvømmelse scorer 0, middel eksponering scorer 1, og lav eksponering scorer 2.

TYPE AF OMRÅDE	VÆRDIER
Ubebygget	3
Åben	1
Tæt	0

RISIKO FOR OVERSVØMMELSE	VÆRDIER
Lav til middel	2
Høj	1
Meget høj	0

TYPE AF OMRÅDE \ RISIKO	LAV/MIDDEL (=2)	HØJ (= 1)	MEGET HØJ (= 0)
Ubebygget (=3)	5 → 2	4 → 2	3 → 2
Åben (=1)	3 → 2	2 → 1	1 → 0
Tæt (=0)	2 → 1	1 → 0	0 → 0

Krydstabel, der viser oversvømmelsesrisiko i henhold til områdetype og potentiel intensitet af oversvømmelse

TILLÆG 4

MANGEL PÅ OFFENTLIGE GRØNNE RUM OG NATUROMRÅDER

Forholdet mellem manglen på offentlige grønne områder og naturområder åbne for offentligheden er den indikator, der bruges i forbindelse med den regionale plan for oprettelse af nye grønne områder (*Plan vert régional, 2017*). Indikatoren er lig med 1, hvis offentlige grønne områder eller naturområder er mindre end 10 kvm. pr. indbygger og 0 i alle andre tilfælde. Indikatoren er lig med forholdet mellem det samlede areal af grønne områder og naturområder i 2019 med hensyn til befolkningen i 2016 inden for en radius på 9 km² (det er 0, hvis den samlede befolkning er nul).

Mangel på offentlige grønne områder og naturområder med hensyn til tilgængelighed, en indikator, der også bruges inden for rammerne af 2017 *Plan vert régional*, er lig med 1, hvis mikrocellerne i vejnettet i cellen i gennemsnit er:

- over 150 meter fra et grønt rum eller et naturområde, der er åbent for offentligheden, og som er mindre end en hektar stort;
- over 300 meter fra et område på 1 - 10 ha (eller en stribe på 300 m - 1 km);
- over 600 meter fra et område på 10 - 30 ha (eller en stribe på 1 - 5 km);
- over 1.200 meter fra et område på over 30 ha (eller en stribe på over 5 km).

Den er lig med 0 i alle andre tilfælde. Bemærk, at disse afstande ikke er beregnet i fugleflugtslinje, men afspejler den afstand, man tilbagelægger til fods, og de omveje, der er nødvendige på grund af bebyggede områder eller placeringen af parkindgange.

BILAG 5

DETALJER OM UNDERSØGELSEN AF MANGLEN PÅ GRØNNE RUM

Undersøgelsen af manglen på offentlige grønne rum blev udført af Paris Region Institute som en del af 2017 *Plan vert*. Den skelner mellem zoner med mangel på grønne rum, zoner med mangel på tilgængelighed, zoner med mangel på begge dele og zoner med mangel på ingen af delene. En score på 0 blev tildelt celler, der ikke manglede noget, en score på 1 blev tildelt til celler, der manglede ét aspekt, og en score på 2 blev tildelt til celler, der manglede begge.

For at beskrive vegetationsindekset scorede celler med et plantedække på < 30% 0, celler med $\geq 30\%$ og $\leq 45\%$ scorede 1, og celler med $\geq 45\%$ scorede 2.

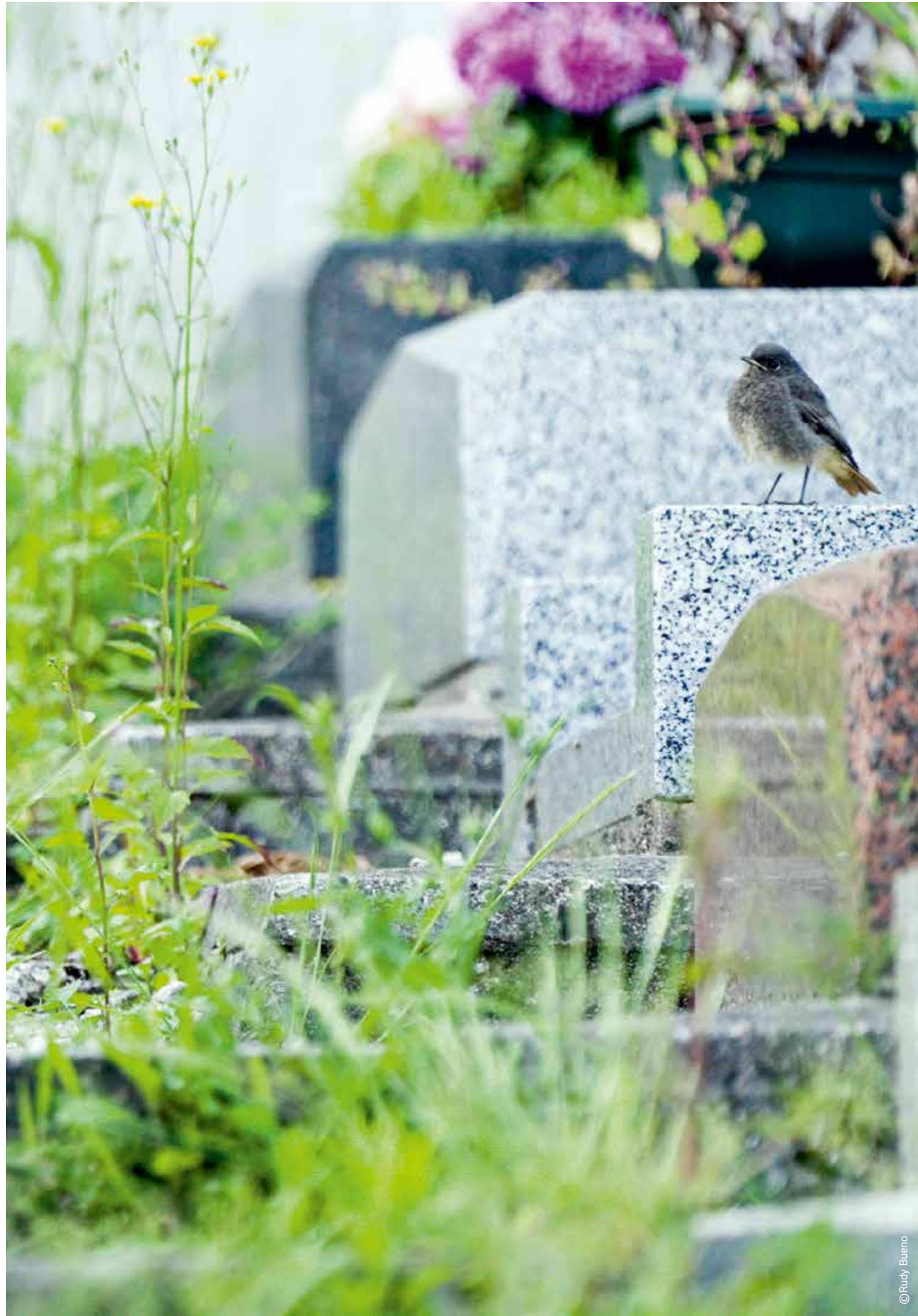
OFFENTLIGE GRØNNE RUM	
TYPE AF MANGEL	SCORE
Begge dele	0
Grønne rum	1
Tilgængelighed	1
Ingen af delene	2

VEGETATIONSINDEKS	
PLANTEDÆKKE	SCORE
Plantedække < 30%	0
$30\% \leq \text{Plantedække} < 45\%$	1
Plantedække $\geq 45\%$	2

MANGEL PÅ OFFENTLIGE GRØNNE RUM VEGETATIONS- INDEKS	BEGGE DELE (=0)	MANGEL PÅ RUM (=1)	MANGEL PÅ TILGÆNGELI- GHED (=1)	INGEN AF DELENE (=2)
Lav (=0)	0 → 0	1 → 0	1 → 0	2 → 1
Middel (=1)	1 → 0	2 → 1	2 → 1	3 → 2
Høj (=2)	2 → 1	3 → 2	3 → 2	4 → 2

Krydstabel, der viser (i) manglen på offentlige grønne rum og (ii) vegetationsindekset

Ved at kombinere de to komponenter (mangel på offentlige grønne rum og vegetationsindeks) er det muligt at skelne mindre mangelfulde områder fra meget mangelfulde. Den endelige samlede score omklassificeres, så den spænder fra 0 til 2 (score til højre i tabellen). Derefter tildeles cellerne en score ud fra manglen på naturområder: høj mangel scorer 0, middel mangel scorer 1, og lav mangel scorer 2.



BIBLIOGRAPHIE

Abbadie, L., Bastien-Ventura, C. & Frascaria-Lacoste, N. (2015). Bilan et enjeux du programme interdisciplinaire Ingeco du CNRS (2007-2011) : un tournant pour l'ingénierie écologique en France ? *Natures Sciences Sociétés*, 23, 389-396

Adobati, F., & Garda, E. (2020). Soil releasing as key to rethink water spaces in urban planning. *City, Territory and Architecture*, 7, (9)

Ahn, C., & Schmidt, S. (2019). Designing wetlands as an essential infrastructural element for urban development in the era of climate change. *Sustainability*, 11(7), 1920

Alikhani, S., Nummi, P., & Ojala, A. (2021). Urban Wetlands: A Review on Ecological and Cultural Values. *Water*, 13(22), 3301

Barra, M. (2020). Gestion des eaux pluviales et biodiversité : revue bibliographique et préconisations. Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France, 16 pages. <https://www.arb-idf.fr/article/gestion-des-eaux-pluviales-et-biodiversite/>

Argillier, C., Levêque, C., & Oberdorff, T. (2008). Qu'entend-on par bio-indicateurs de la qualité des eaux continentales?. In Leclerc, M.C., Scheromm P., & Desbordes, M. (préf.), *L'eau, une ressource durable* (p. 170-175

SER for Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International

Aronson MFJ et al 2014 A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc. R. Soc. B* 281:20133330. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.333>

Aronson, M., La Sorte, F., Nilon, C.; Katti, M., Goddard, M., Lepczyk, C., ... & Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Royal Society*, 281(1780)

Atger, C., & Edelin, C. (1994). Premières données sur l'architecture comparée des systèmes racinaires et caulinaires. *Canadian Journal of Botany* 72, 963-975

Atkinson, G.E., Doick, K.J., & Burningham, K. (2014). Brownfield regeneration to greenspace: Delivery of project objectives for social and environmental gain. *Urban Forestry and Urban Greening*, 13(3), 586-594

Millennium ecosystem assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. World Resources Institute, 80 pages, ISBN 1-56973-597-2

Baldauf, R.W., Thoma, E., Khlystov, A.Y., Isakov, V., Bowker, G.C., Long, T.C., & Snow, R. (2008). Impacts of noise barriers on near-road air quality. *Atmospheric Environment*, 42, 7502-7507.

Barra, M., & Johan, H. (2021). Écologie des toitures végétalisées. Synthèse de l'étude GROOVES (Green roofs verified ecosystem services). Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France, 92 pages, ISBN 978-2-7371-2041-1

Barbillon, A., Aubry, C., & Manouchehri, N. (2019). Guide REFUGE Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires. Cas de la région Île-de-France, Rapport de recherche, INRAE, AgroParisTech. 2019. (hal-02869953).

Basagaña, X., Sartini, C., Barrera-Gómez, J., Dadvand, P., Cunillera, J., Ostro, B., Sunyer, J. & Medina-Ramón, M. (2011). Heat waves and cause-specific mortality at all ages. *Epidemiology*, 22(6), 765-772. DOI:10.1097/EDE.0b013e31823031c5

Baude, M., Muratet, A., Fontaine, C., & Pellaton, M. (2011). Plantes et pollinisateurs observés dans les terrains vagues de Seine-Saint-Denis. Livret publié par l'Observatoire *départemental* de la Biodiversité Urbaine, 64 pages

Beaudet, L. V., & Rossignol, J. P. (2018). Les sols urbains : artificialisation et gestion. ISTE éditions, pp.203-222, 2018, Collection Système Terre-Environnement ; Série : Les sols, 9781784053833. (hal-02612382)

Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology letters*, 18(6), 581-592.

Beute, F., Andreucci, M.B., Lammel, A., Davies, Z., Glanville, J., Keune, H., Marselle, M., O'Brien, L.A., Olszewska-Guizzo, A., Remmen, R., Russo, A., & de Vries, S. (2020). Types and characteristics of urban and peri-urban green spaces having an impact on human mental health and wellbeing. Report prepared by an EKLIPSE Expert Working Group. UK Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom, 154 pages, ISBN: 978-1-906698-75-1

Bocquet, M., (2021). Les déterminants de la consommation d'espaces. Période 2009-2019 – Chiffres au 1er janvier 2019. Cerema, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, 69 pages

Bonthoux, S., Brun, M., Pietro, F.D., Greulich, S., & Bouché-Pillon, S. (2014). How can wastelands promote biodiversity in cities? A review. *Landscape and Urban Planning*, 132, 79-88.

Bourgeois, M. (2015). Impacts écologiques des formes d'urbanisation : modélisations urbaines et paysagères. Géographie, Université de Franche-Comté, (NNT : 2015BESA1029)

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning*, 97(3), 147-155.

Brunbjerg, A. K., Hale, J. D., Bates, A. J., Fowler, R. E., Rosenfeld, E. J., & Sadler, J. P. (2018). Can patterns of urban biodiversity be predicted using simple measures of green infrastructure?. *Urban Forestry and Urban Greening*, 32, 143-153.

Burel, F., & Baudry, J. (1999). Écologie du paysage concepts, méthodes et applications. *Eudes rurales*, 167-168 | 2003, 329-333

Burghardt, K. T., Tallamy, D. W., & Gregory Shriver, W. (2009). Impact of native plants on bird and butterfly biodiversity in suburban landscapes. *Conservation Biology*, 23(1), 219-224.

Chrétien, L. (2019). SESAME Services écosystémique rendus par les arbres modulés selon l'essence. CEREMA, 163 pages

Chapin, F. S., Walker, L. R., Fastie, C. L., & Sharman, L. C. (1994). Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. *Ecological Monographs*, 64(2), 149-175.

Chazdon, R.L., & Guariguata, M.R. (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*, 48, 716-730.

Chevrier, É. (2013). La phytoremédiation, une solution d'avenir pour le Québec. Université de Sherbrooke, <http://hdl.handle.net/11143/7111>

Cho, M. (2010). The politics of urban nature restoration: The case of Cheonggyecheon restoration in Seoul, Korea. *International Development Planning Review*, 32, 145-165.

Clark, N.E., Lovell, R., Wheeler, B.W., Higgins, S.L., Depledge, M.H. & Norris, K. (2014). Biodiversity, cultural pathways, and human health: a framework. *Trends in Ecology & Evolution*, 29, 198-204.

Connop, S., & Nash, C. (2018). Blandscaping that Erases Local Ecological Diversity. *The Nature of Cities*, <https://www.thenatureofcities.com/2018/01/09/blandscaping-erases-local-ecological-diversity/>

Ramsar Convention on Wetlands. (2018). Perspectives mondiales des zones humides : état des zones humides à l'échelle mondiale et des services qu'elles fournissent à l'humanité. Gland, Suisse : Secrétariat de la Convention de Ramsar, 88 pages

Coppola, E., Nogherotto, R., Ciarlo', J. M., Giorgi, F., van Meijgaard, E., Kadygrov, N., ... & Wulfmeyer, V. (2021). Assessment of the European climate projections as simulated by the large EURO-CORDEX regional and global climate model ensemble. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(4), e2019JD032356.

Cordeau, E. (2017). Adapter l'Île-de-France à la chaleur urbaine. IAU Île-de-France, 155 pages

Cocquière, A., & Cornert, N. (2021). La pleine terre : nécessité d'une définition partagée dans les PLU. Institut Paris Region, Note rapide n°884, 6 pages

Cortet, J., Auclerc, A., Beguiristain, T., & Watteau, F. (2014). Biodiversité et fonctionnement d'un Technosol construit utilisé dans la restauration de friches industrielles : principaux résultats issus du programme Biotechnosol. 3èmes rencontres nationales de la Recherche sur les sites et sols pollués, journées techniques nationales, ADEME, (hal-01486439)

Costanza, R., D'Arge, R.C., Groot, R.D., Farber, S.B., Grasso, M., Hannon, B.M., ... & Belt, M.V. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.

Cox, D. T., Shanahan, D. F., Hudson, H. L., Plummer, K. E., Siriwardena, G. M., Fuller, R. A., ... & Gaston, K. J. (2017). Doses of neighborhood nature: the benefits for mental health of living with nature. *BioScience*, 67(2), 147-155.

Daly, H.E. (1997). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, 264 pages

DeClerck, F.A., Jones, S.K., Estrada-Carmona, N., & Fremier, A.K. (2021). Spare half, share the rest: A revised planetary boundary for biodiversity intactness and integrity. PREPRINT (Version 1) available at Research Square, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-355772/v1>

Drinnan, I.N. (2005). The search for fragmentation thresholds in a Southern Sydney Suburb. *Biological Conservation*, 124, 339-349.

Fabbri, D., Pizzol, R., Calza, P., Malandrino, M., Gaggero, E., Padoan, E., & Ajmone-Marsan, F. (2021). Constructed Technosols: A Strategy toward a Circular Economy. *Applied Sciences*, 11, 3432.

Faburel, G. (2020). Pour en finir avec les grandes villes: Manifeste pour une société écologique post-urbaine. Le Passager clandestin, 169 pages, ISBN : 978-2-36935-246-4

Ford, A.T., Sunter, E.J., Fauvelle, C., Bradshaw, J.L., Ford, B., Hutchen, J., Phillipow, N., & Teichman, K.J. (2020). Effective corridor width: linking the spatial ecology of wildlife with land use policy. *European Journal of Wildlife Research*, 66(4)

Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Mouret, H., & Vaissiere, B. E. (2016). Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment. *Journal of Insect Conservation*, 20(2), 239-253.

Fosse, J., Belaunde, J., Dégremont, M., & Grémillet, A. (2019). Objectif « zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols. *France Stratégie*, 54 pages

Foti, L., Dubs, F., Gignoux, J., Lata, J., Lerch, T.Z., Mathieu, J., Nold, F., Nunan, N., Raynaud, X., Abbadie, L., & Barot, S. (2017). Trace element concentrations along a gradient of urban pressure in forest and lawn soils of the Paris region (France). *The Science of the total environment*, 598, 938-948

Soubeyroux, J.M., Bernus, S., Corre L., Drouin A., Dubuisson B., Etchevers P., ... & Tocquer, F. (2020). Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS 2020 pour la métropole. Météo-France, 98 pages

Forman, R.T., & Baudry, J. (1984). Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management*, 8, 495-510.

Fuller, R.A., Irvine, K.N., Devine-Wright, P., Warren, P.H., Gaston, K.J. (2007). Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biol Letters*, 3(4)

Gardiner, M. M., Burkman, C. E., & Prajzner, S. P. (2013). The value of urban vacant land to support arthropod biodiversity and ecosystem services. *Environmental entomology*, 42(6), 1123-1136.

Génot, J., & Schnitzler, A. (2012). *La France des friches : De la ruralité à la féralité*. Versailles : Éditions Quæ.

Génot, J. C., & Schnitzler, A. (2020). *La nature férale ou le retour du sauvage*. Jouvence nature, 176 pages, ISBN: 978-2-88953-274-2

Grubb, P. J., & Hopkins, A. J. M. (1986). Resilience at the level of the plant community. In *Resilience in mediterranean-type ecosystems* (pp. 21-38). Springer, Dordrecht.

Goddard, M. A., Dougill, A. J., & Benton, T. G. (2010). Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in ecology & evolution*, 25(2), 90-98.

Gouedard, Q. (2014). *Les sols urbains, des milieux contraignants pour le développement de l'arbre dans la ville*. Sciences agricoles, (dumas-01071315)

Guetté, A., Carruthers-Jones, J., Godet, L., & Robin, M. (2018). « Naturalité » : concepts et méthodes appliqués à la conservation de la nature. *Cybergeog: European Journal of Geography. Environnement, Nature, Paysage*, document 856, <https://doi.org/10.4000/cybergeog.29140>

Hafeez, F., Spor, A., Breuil, M.C., Schwartz, C., Martin-Laurent, F., & Philippot, L. (2012). Distribution of bacteria and nitrogen-cycling microbial communities along constructed Technosol depth-profiles. *Journal of hazardous materials*, 231-232, 88-97

Hafidi, M., Ouahmane, L., Thioulouse, J., Sanguin, H., Boumezzough, A., Prin, Y., ... & Duponnois, R. (2013). Managing Mediterranean nurse plants-mediated effects on soil microbial functions to improve rock phosphate solubilization processes and early growth of *Cupressus atlantica* G. *Ecological Engineering*, 57, 57-64.

Henein, K., & Merriam, G. (1990). The elements of connectivity where corridor quality is variable. *Landscape Ecology*, 4, 157-170

Henry, C., Richard, F., Ramanankierana, H., Ducouso, M., & Selosse, M. A. (2021). Comprendre la dynamique des communautés mycorhiziennes lors des successions végétales. Deuxième partie : Potentialités d'applications à la restauration des écosystèmes forestiers (revue bibliographique), (hal-03447480)

Herin, J.J., & Dennin, L. (2016). Une politique pluviale volontariste et durable : bilan de 25 ans de bonnes pratiques environnementales - l'exemple chiffré du Douaisis - France. *Novatech*, 6 pages

Hill, M. J., Biggs, J., Thornhill, I., Briers, R. A., Gledhill, D. G., White, J. C., ... & Hassall, C. (2017). Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes. *Global change biology*, 23(3), 986-999.

Hinners, S.J., Kearns, C.A., & Wessman, C.A. (2012). Roles of scale, matrix, and native habitat in supporting a diverse suburban pollinator assemblage. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*, 22 7, 1923-35.

Hostetler, M.E., & Holling, C.S. (2004). Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosystems*, 4, 25-54.

Hystad, P., Payette, Y., Noisel, N., & Boileau, C. (2019). Green space associations with mental health and cognitive function: results from the Quebec CARTaGENE cohort. *Environmental Epidemiology*, 3(1).

IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 1148 pages, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

Jaunatre, R., Buisson, E., & Dutoit, T. (2014). Topsoil removal improves various restoration treatments of a Mediterranean steppe (La Crau, southeast France). *Applied Vegetation Science*, 17(2), 236-245.

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.

Keitt, T.H., Urban, D.L., & Milne, B.T. (1997). Detecting Critical Scales in Fragmented Landscapes. *Conservation Ecology*, 1, 4

- Kim, H.S., T.G. Koh, & K.W. Kwon. (2009.) The Cheonggyecheon (Stream) Restoration Project Effects of the restoration work. Cheonggyecheon Management Team, Seoul Metropolitan Facilities Management Corporation. Seoul, South Korea
- Kowarik, I. (2005). Wild Urban Woodlands: Towards a Conceptual Framework. In book: Wild urban woodlands: (pp.1-32), Springe
- Lemoine, G., (2016). Essais de création ex nihilo de deux « landes à Ericacées » sur friches industrielles. Bull. Soc. Bot. N. Fr., 2016, 69 (1-4), 123-129
- Le Roux, D.S., Ikin, K., Lindenmayer, D.B., Manning, A.D., & Gibbons, P. (2014). The future of large old trees in urban landscapes. PLOS ONE 9(6): e99403
- Le Roux, D. S., Ikin, K., Lindenmayer, D. B., Manning, A. D., & Gibbons, P. (2015). Single large or several small? Applying biogeographic principles to tree-level conservation and biodiversity offsets. Biological Conservation, 191, 558-566.
- Lévy, J. (2015). Habiter Cheonggyecheon : l'exception ordinaire. In Annales de géographie n° 704, p. 391 - 405
- Litschke, T., & Kuttler, W. (2008). On the reduction of urban particle concentration by vegetation-a review. Meteorologische Zeitschrift, 17(3), 229-240.
- Maienza, A., Ungaro, F., Baronti, S., Colzi, I., Giagnoni, L., Gonnelli, C., ... & Calzolari, C. (2021). Biological Restoration of Urban Soils after De-Sealing Interventions. Agriculture, 11(3), 190.
- Meyer-Grandbastien A., Vajou B., Fromage B., Galopin G., Laille P. (2021). Effets bénéfiques des espaces de nature en ville sur la santé : Synthèse des recherches internationales et clés de compréhension. Plante & Cité, Angers, 18 pages
- Miller, J.R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. Trends in Ecol. Evol. 20, 430 -434
- Monberg, R. J., Howe, A. G., Kepfer-Rojas, S., Ravn, H. P., & Jensen, M. B. (2019). Vegetation development in a stormwater management system designed to enhance ecological qualities. Urban Forestry & Urban Greening, 46
- Monteiro, M. V., Doick, K. J., Handley, P., & Peace, A. (2016). The impact of greenspace size on the extent of local nocturnal air temperature cooling in London. Urban Forestry & Urban Greening, 16, 160-169.
- Muratet, A., Machon, N., Jiguet, F., Moret, J., & Porcher, E. (2007). The role of urban structures in the distribution of wasteland flora in the greater Paris area, France. Ecosystems, 10(4), 661-671.
- Muratet, A., Porcher, E., Devictor, V., Arnal, G., Moret, J., Wright, S., & Machon, N. (2008). Evaluation of floristic diversity in urban areas as a basis for habitat management. Applied vegetation Science, 11
- Muratet A., 2016, Etat de santé de la biodiversité en Île-de-France. Apport du programme de sciences participatives Vigie Nature. Dossier de presse Natureparif, 22 pages
- Muratet, A., Muratet, M., Pellaton, M., & Book, L. (2017). Flore des friches urbaines du nord de la France et des régions voisines. Les presses du réel, 544 pages, ISBN : 978-2-37896-364-4
- Muratet A, Chiron F, Muratet M (2019), Manuel d'écologie urbaine, Editions les presses du réel, 120 pages, ISBN : 978-2-37896-087-2
- Nash, C. (2017). Brownfield-inspired green infrastructure: a new approach to urban biodiversity conservation. PhD thesis submitted to the University of East London, UK
- Nowak, D. J., Bodine, A. R., Hoehn, R. E., Ellis, A., Hirabayashi, S., Coville, R., ... & Endreny, T. (2018). The urban forest of new york city. Resource Bulletin NRS-117. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 82 p, 117, 1-82.
- Oertli, B., & Parris, K.M. (2019). Review: Toward management of urban ponds for freshwater biodiversity. Ecosphere, 10(7)

Pascal, M., de Crouy Chanel, P., Wagner, V., Corso, M., Tillier, C., Bentayeb, M., ... & Medina, S. (2016). The mortality impacts of fine particles in France. *Science of the Total Environment*, 571, 416-425.

Pech, P. (2017). Renaturation. In Pech, P., About, C., Frascaria-Lacoste, N., Jacob, P., & Simon, L. Analyse des processus de renaturation en tissu urbain dense en relation avec des infrastructures linéaires de transport urbaines et leurs emprises : le cas de la Métropole du Grand Paris (halshs-01802392)

Pellegrini P., Maurel N., Lizet B., & Machon N. (2014). Pieds d'arbres jardinés, espaces de diversités. In Jardins, espaces de vie, de connaissance et de biodiversité, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, France

Peyrat, M. (2014). Entre objet naturel et objet technique, quelle place pour l'arbre en ville ? *Sciences de l'Homme et Société*, (dumas-01113161)

Plante & Cité. (2021). Associer santé et espaces de nature - Les clés pour comprendre et agir. Plante & Cité, Angers, 68 pages

Plenchette, C., Furlan, V., & Fortin, J.A. (1983). Responses of endomycorrhizal plants grown in a calcined montmorillonite clay to different levels of soluble phosphorus. I. Effect on growth and mycorrhizal development. *Botany*, 61, 1377-1383.

Powers, S., Peterson, C., Grabowski, J.H., & Lenihan, H.S. (2009). Success of constructed oyster reefs in no-harvest sanctuaries: implications for restoration. *Marine Ecology Progress Series*, 389, 159-170.

Prach, K., & Hobbs, R.J. (2008). Spontaneous Succession versus Technical Reclamation in the Restoration of Disturbed Sites. *Restoration Ecology*, 16, 363-366.

Prach, K., & Moral, R.D. (2015). Passive restoration is often quite effective: response to Zahawi et al (2014). *Restoration Ecology*, 23(4), 344-346.

Prigioniero, A., Zuzolo, D., Niinemets, Ü., & Guarino, C. (2021). Nature-Based Solutions as tools for air phytoremediation: a review of the current knowledge and gaps. *Environmental Pollution*, 116817.

Pruvost, C. (2018). Potentiel de la biodiversité dans la construction de Technosols à partir de déchets urbains. Ingénierie de l'environnement. Université Paris-Est, (NNT : 2018PESC1161)

Pugh, T.A., MacKenzie, A.R., Whyatt, J.D., & Hewitt, C.N. (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environmental science & technology*, 46 14, 7692-9.

Pulliam, H.R. (1988). Sources, Sinks, and Population Regulation. *The American Naturalist*, 132, 652 - 661.

Ravot, C., Laslier, M., Hubert-Moy, L., Dufour, S., Coeur, D.L., & Bernez, I. (2020). Apports d'une observation précoce de la végétation spontanée pionnière pour la renaturation des rives de la rivière Sélune.

Référentiel Pédologique (2008). Association Française pour l'Étude du Sol. Ed Quæ 435 pages, ISBN: 978-2-7592-0186-0

Revkin A, 2009, "Peeling Back Pavement to Expose Watery Havens", *The New York Times*, July 16

Rey, F., Cécillon, L., Cordonnier, T., Jaunatre, R., & Loucougaray, G. (2015). Integrating ecological engineering and ecological intensification from management practices to ecosystem services into a generic framework: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1335-1345.

Riboulot-Chetrit, M. (2015). Les jardins privés: de nouveaux espaces clés pour la gestion de la biodiversité dans les agglomérations?. *Articulo - Journal of Urban Research (Online)*, Special issue 6, 2015

Rivière, J. N., Hivert, J., Schmitt, L., Derroire, G., Sarrailh, J. M., & Baret, S. (2008). Rôle des fougères arborescentes dans l'installation des plantes à fleurs en forêt tropicale humide de montagne à la Réunion (Mascareignes, Océan Indien). *Revue d'écologie* 63(3), p. 199-207.

Ropars, L., Dajoz, I., & Geslin, B. (2017). La ville un désert pour les abeilles sauvages ? *Journal de Botanique*, 79, 29-35.

- Sæbø, A., Popek, R., Nawrot, B., Hanslin, H.M., Gawrońska, H., & Gawroński, S.W. (2012). Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *The Science of the total environment*, 427-428, 347-54.
- Sarasin, G. (2011). Biotechnologie des symbioses racinaires en restauration écologique des écosystèmes dégradés à Madagascar. Université Laval, Québec
- Sarrazin, F., & Lecomte, J. (2016). Evolution in the Anthropocene. *Science*, 351, 922 - 923.
- Schiechtel, H.M., & Stern, R. (1992). *Handbuch für naturnahen Wasserbau : eine Anleitung für ingenieurblogische Bauweisen*.
- Schirone, B., Salis, A., & Vessella, F. (2011). Effectiveness of the Miyawaki method in Mediterranean forest restoration programs. *Landscape and Ecological Engineering*, 7(1), 81-92.
- Schwartz, T. (2020). Les dispositifs artificiels au service de la restauration et de la compensation écologique : de l'évaluation du risque de piège écologique aux recommandations de bonnes pratiques. Université Paris sciences et lettres, (NNT : 2020UPSLP036)
- Selmi, W., Weber, C., Rivière, E.D., Blond, N., Mehdi, L., & Nowak, D.J. (2016). Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 192-201.
- Séré, G. (2007). Fonctionnement et évolution pédogénétiques de Technosols issus d'un procédé de construction de sol. *Sciences de la Terre*. Institut National Polytechnique de Lorraine, (NNT : 2007INPL033N)
- Séré, G., Schwartz, C., Ouvrard, S., Renat, J., Watteau, F., Villemin, G., & Morel, J. (2010). Early pedogenic evolution of constructed Technosols. *Journal of Soils and Sediments*, 10, 1246-1254.
- Séré, G. (2018). Mieux connaître la pédogenèse et le fonctionnement des Technosols pour optimiser les services écosystémiques rendus (Doctoral dissertation, Université de Lorraine, 34 cours Léopold, 54000 Nancy).
- Shanahan, D.F., Miller, C.J., Possingham, H.P., & Fuller, R.A. (2011). The influence of patch area and connectivity on avian communities in urban revegetation. *Biological Conservation*, 144, 722-729.
- Sonntag-Öström, E., Nordin, M., Lundell, Y., Dolling, A., Wiklund, U., Karlsson, M., ... & Järvholm, L. S. (2014). Restorative effects of visits to urban and forest environments in patients with exhaustion disorder. *Urban forestry & urban greening*, 13(2), 344-354.
- Shwartz, A., Muratet, A., Simon, L., & Julliard, R. (2013). Local and management variables outweigh landscape effects in enhancing the diversity of different taxa in a big metropolis. *Biological Conservation*, 157, 285-292.
- Sordello, R., 2021. Trame verte, trame bleue et autres trames. *Regard 72*, Société Française d'écologie
- Spotswood, E.N., Grossinger, R.M., Hagerty, S., Bazo, M., Benjamin, M., Beller, ... & Askevold, R.A. (2019). *Making Nature's City. A science-based framework for building urban biodiversity*. San Francisco Estuary Institute, SFEI publication #947, 158 pages
- Stanghellini, P.S. (2010). Stakeholder involvement in water management: the role of the stakeholder analysis within participatory processes. *Water Policy*, 12, 675-694.
- Stagoll, K., Lindenmayer, D. B., Knight, E., Fischer, J., & Manning, A. D. (2012). Large trees are keystone structures in urban parks. *Conservation Letters*, 5(2), 115-122.
- Strohbach, M. W., Lerman, S. B., & Warren, P. S. (2013). Are small greening areas enhancing bird diversity? Insights from community-driven greening projects in Boston. *Landscape and Urban Planning*, 114, 69-79.
- Szulczewska, B., Giedych, R., Borowski, J., Kuchcik, M., Sikorski, P., Mazurkiewicz, A., & Stańczyk, T. (2014). How much green is needed for a vital neighbourhood? In search for empirical evidence. *Land Use Policy*, 38, 330-345.

Thiffault, N., & Hébert, F. (2017). Mechanical site preparation and nurse plant facilitation for the restoration of subarctic forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 47, 926-934.

Threlfall, C. G., Ossola, A., Hahs, A. K., Williams, N. S. G., Wilson, L., & Livesley, S. J. (2016). Variation in vegetation structure and composition across urban green space types. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4, 1-12

Threlfall, C. G., Mata, L., Mackie, J. A., Hahs, A. K., Stork, N. E., Williams, N. S., & Livesley, S. J. (2017). Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of applied ecology*, 54(6), 1874-1883.

Tobias, S., Conen, F., Duss, A., Wenzel, L. M., Buser, C., & Alewell, C. (2018). Soil sealing and unsealing: State of the art and examples. *Land degradation & development*, 29(6), 2015-2024.

Triplet, P., 2021. Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature. 7ème édition

Turo, K. J., & Gardiner, M. M. (2019). From potential to practical: conserving bees in urban public green spaces. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(3), 167-175.

Vautard, R., Munck, C., Noblet-Ducoudre, N., & Drouet, I. (2022). The Ile-de-France climate and broad lines of climate change in Ile-de-France - Grec Ile-de-France booklets (INIS-FR--23-0464)

Vega, K. A., & Küffer, C. (2021). Promoting wildflower biodiversity in dense and green cities: the important role of small vegetation patches. *Urban Forestry & Urban Greening*, 127165.

Vidal-Beaudet, L. (2018). Du déchet au Technosol fertile : l'approche circulaire du programme français de recherche SITERRE. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 31).

Vignoli, L., Mocaer, I., Luiselli, L., & Bologna, M.A. (2009). Can a large metropolis sustain complex herpetofauna communities? An analysis of the suitability of green space fragments in Rome. *Animal Conservation*, 12, 456-466.

Wilson, E. O. (2017). A biologist's manifesto for preserving life on Earth. *Sierra Club Magazine*.

World Health Organization. (2006). WHO Air Quality Guidelines: particles, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide: global update 2005: risk assessment summary (No. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02). Geneva: World Health Organization.

Yilmaz, D., Peyneau, P. E., Beaudet, L., Cannavo, P., & Sere, G. (2017). Assessment of hydraulics properties of technosol constructed with waste material using Beerkan infiltration experiments. *European Geosciences Union General Assembly*, Vienna, Austria, April 2017

KONSULTEREDE HJEMMESIDER

- [1] H2020 REGREEN-projektet: Fostering nature-based solutions for smart, green and healthy urban transitions in Europe and China: <https://www.regreen-project.eu/>
- [2] Vercors Vie Sauvage : <https://aspas-reserves-vie-sauvage.org/les-reserves-de-vie-sauvage/vercors-vie-sauvage/>
- [3] Primary forest restoration in Western Europe: <https://www.foretprimaire-francishalle.org/le-projet/>
- [4] Coordination libre évolution: <https://www.coordination-libre-evolution.fr/>
- [5] Strategy for the creation of protected areas 2009/2019: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP_Biotope_Ministere_strat-aies-protegees_210111_5_GSA.pdf
- [6] First meeting of the Comité Régional pour la Biodiversité d'Île-de-France : <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/seance-d-installation-du-crb-lundi-20-decembre-a4599.html>
- [7] Cartofriches (national brownfield inventory): <https://cartofriches.cerema.fr/cartofriches/>
- [8] BENEFRICHES – assessment of the social and economic benefits of converting brownfield sites to combat land take: <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/3772-evaluer-les-benefices-socio-economiques-de-la-reconversion-de-friches-pour-lutter-contre-l-artificialisation-outil-benefriches.html>
- [9] Preserve or build? Brownfield sites in the Paris Region: <http://atelier-friches.fr/>
- [10] Berlin, a "natural" metropolis: the Naturpark Schöneberg Südgelände: http://paysages-territoires-transitions.cerema.fr/IMG/pdf/fiche_tvb3_berlin_version_courte.pdf
- [11] Urban forests: <https://urban-forests.com/fr/>
- [12] Green, blue and other grids: <https://www.sfecologie.org/regard/r72-mai-2017-r-sordello-corridors-ecologiques/>
- [13] Brown grid: <https://agencelichen.wordpress.com/2016/09/21/trame-brune/>
- [14] Save Our Soil for Life: <https://www.sos4life.it/en/project/>
- [15] Summary of rules, guidelines, best practices and case studies on limiting land take and on urban resilience to climate change: <https://www.sos4life.it/wp-content/uploads/A1.3-Rules-guidelines-best-practices-and-case-studies-of-land-take-and-urban-resilience.pdf>
- [16] Guidelines for assessing soil ecosystem services in urban environment and their management: <https://www.sos4life.it/wp-content/uploads/B1.3-Guidelines-for-assessing-soil-ecosystem-services.pdf>
- [17] Potential for the removal of impervious soil coverage 2020: <https://www.berlin.de/umweltatlas/en/soil/removal-of-impervious-soil-coverage/continually-updated/summary/>
- [18] Desealing solutions in the Narbonne area: <https://www.cerema.fr/fr/actualites/solutions-desimpermeabilisation-sols-du-grand-narbonne#:~:text=L'objectif%20%3F,touche%20les%20zones%20d%C3%A9j%C3%A0%20urbanis%C3%A9es>
- [19] Identifying large-scale renaturation potential: <https://www.cerema.fr/fr/actualites/comment-identifier-potential-renaturation-large-echelle>
- [20] Renaturing sealed ground in Loire-Atlantique: https://www.loire-atlantique.fr/44/environnement-energies/aide-a-la-renaturation-des-sols-impermeabilises/c_1305724

- [21] Programme Nature 2050: <https://www.cdc-biodiversite.fr/le-programme-nature-2050/>
- [22] Reimagining vacant land: a resource for urban bee conservation : https://ncoh.nl/wp-content/uploads/2021/06/Gardiner-12-Minute-Talk-Science-Cafe-Final-5_25_21_LR.pdf
- [23] Ideas for vacant land re-use in Cleveland: <http://www.reconnectingamerica.org/assets/Uploads/20090303ReImaginingMoreSustainableCleveland.pdf>
- [24] Urban meadow protocols: <https://www.vigienature.fr/fr/florileges>
- [25] Association Espaces: urban ecology and return-to-work programmes: <https://www.association-espaces.org/association/projet-2/>
- [26] Workshop on trees, May-June 2017: https://ge21.ch/application/files/8615/0297/3286/synthese_groupes_nos_arbres_1er_tour_20170810.pdf
- [27] Urban heat islands by Météo France: https://www.apc-paris.com/system/files/file_fields/2018/11/07/icu-brochu-reapc-mf.pdf
- [28] Flood prevention: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/19150_plaquette-inondation_light_interactif.pdf
- [29] Responding to preconceived ideas about nature in cities and characterising its environmental, health-related and economic impacts: <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/1170-amenager-avec-la-nature-en-ville.html>
- [30] Fine particles by Airparif: <https://www.airparif.asso.fr/les-particules-fines>
- [31] Impact of air pollution on health in France: <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2016/impacts-sanitaires-de-la-pollution-de-l-air-en-france-nouvelles-donnees-et-perspectives>
- [42] Ambient (outdoor) air pollution: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [33] Plante & Cité, 2020, webinar on nature in cities and health: <https://www.youtube.com/watch?v=k6CKJh2KPK8>
- [34] How plants can locally reduce exposure to air pollution: nature-based solutions: <https://environnement.brussels/citoyen/outils-et-donnees/etat-des-lieux-de-lenvironnement/lenvironnement-pour-une-ville-plus-durable-etat-des-lieux#vegetaliser-pour-reduire-localement-l'exposition-la-pollution-de-lair-des-solutions-basees-sur-la-nature>
- [35] Cécile Diguët & Frédérique Prédali, 2021, Chroniques de la marche et de l'espace public (walking and public space), <https://www.institutparisregion.fr/mobilite-et-transport/modes-actifs/chroniques-de-la-marche-et-de-l'espace-public/gardons-les-pieds-sur-terre/>
- [36] Ecosystem services provided by trees: <https://metz.fr/projets/developpement-durable/sesame.php>
- [37] Fighting to preserve the experience of nature: <http://www.espaces-naturels.info/se-mobiliser-contre-extinction-experience-nature>
- [38] Le Transformateur-website: <http://le-transformateur.fr/>
- [39] Bosquito experiment: <http://le-transformateur.fr/tag/bosquito/>
- [40] Recommendations on feasibility and management of urban rainwater infiltration systems: http://www.graie.org/ecopluiers/delivrables/55729e_guidemodifie_20090203fn6-2.pdf
- [41] Subsidence and collapse due to underground cavities: <https://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/les-affaissements-et-effondrements-lies-aux-a3773.html>

- [42] Litter bags to assess the action of soil micro-organisms: https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=102038
- [43] Participatory observatory on earthworms: https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php
- [44] Participatory observatory on soil biodiversity: <http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv>
- [45] Contamination of urban soils used for vegetable growing and assessment of health risks: <https://librairie.ademe.fr/sols-pollues/99-guide-refuge.html>
- [46] Urban gardening in an industrial context: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/genie-ecologique-en-milieu-urbain-42703210/exposition-des-jardiniers-urbains-dans-un-contexte-industrialise-ge1016/>
- [47] Results of soil pollution monitoring plan for the "murs à pêches" – Observatoire de l'environnement : https://www.montreuil.fr/fileadmin/user_upload/12_Environnement/06_Etat_des_lieux_de_l_environnement/01_L_observatoire_de_l_environnement/ficheS3.pdf
- [48] Soil condition bio-indicators: <https://www.eodd.fr/wp-content/uploads/2017/06/Bio-indicateurs.pdf>
- [49] Phytoremediation gardens in Carrières-sous-Poissy – parc PPDH : http://www.hekladonia.com/portfolio_item/jardins-de-phytoremediation-hekladonia-csp/
- [50] Restructuring compacted soil: http://gestion.terre-net.fr/ulf/TNM_Biblio/fiche_93318/arvalis_cetiom_infos_restructurer_un_sol_tasse.pdf
- [51] Project for reconstituting fertile soil using recycled materials: <https://www.audreymuratet.com/pdf/SolsReconstitues.pdf>
- [52] Desealing, ecosystem services and resilience: https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/101/desimpermeabilisation_des_sols_services_ecosystemiques_et_resilience_des_territoires_dessert/n:25
- [53] List of areas awarded the label and whose growers feature on the website: www.vegetal-local.fr
- [54] Clémentine Coiffait Gombault, Élise Buisson, Thierry Dutoit, «Restaurer la végétation steppique par aspiration et transfert de foin», *Espaces naturels*, n°29, Jan 2010: <http://www.espaces-naturels.info/restaurer-vegetation-step-pique-aspiration-et-transfert-foin>
- [55] Plante et Cité study on mycorrhizae: <https://www.jardinsdefrance.org/programme-detudes-plante-et-cite-sur-les-mycorhizes/>
- [56] Guide to ecological management of public and private collective areas: <https://www.arb-idf.fr/nos-travaux/publications/guide-de-gestion-ecologique-des-espaces-collectifs-publics-et-prives/>
- [57] EcoJardin label resources: <https://www.label-ecojardin.fr/fr>
- [58] Defining a standardised protocol: <https://campanule.mnhn.fr/concepts-et-definitions/>
- [59] Participatory sciences protocols: <https://www.vigienature.fr/fr>
- [60] Participatory wildlife observatories: <https://www.open-sciences-participatives.org/home/>
- [61] OASIS recommendations: https://www.ac-paris.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2020-11/cahier_de_recommandations_oasis_v5_compressed_2.pdf
- [62] Sous les pavés: <https://souslespaves.ca/>
- [63] Strasbourg ça pousse : <https://www.strasbourgcapousse.eu/>
- [64] Wilderness Europe: <https://www.wildeurope.org/>

RENATURERING AF BYER

Metode, eksempler og anbefalinger

Renaturering af bymiljøer er en stor udfordring, uanset om målet er at implementere en strategi for net zero-arealinddragelse i et bestemt administrativt område eller at gøre byer bedre levesteder for dyrelivet, grønnere og mere behagelige at bo i. Metoden, der præsenteres i denne vejledning, skal hjælpe offentlige institutioner med at identificere prioriterede renatureringsområder baseret på tre hovedmål: genopretning af biodiversitet, tilpasning til klimaforandringer og forbedring af sundhed og levemiljø. Den indeholder også adskillige cases og hjælpemidler til fortolkning for at sikre, at renatureringsprojekter er baseret på den nyeste videnskabelige viden.



15, rue Falguière
75740 Paris cedex 15
Tél: 01 77 49 76 03
contact.arb@institutparisregion.fr
www.arb-idf.fr

