

防范与生物多样性 相关的金融风险： 来自法国的探索

法兰西银行工作报告

2021年8月, WP #826

**WORKING
PAPER**

| 报告作者 |

Romain Svartzman¹, Etienne Espagne², Julien Gauthey³, Paul Hadji-Lazaro⁴, Mathilde Salin^{1,5}, Thomas Allen¹, Joshua Berger⁶, Julien Calas², Antoine Godin², Antoine Vallier⁶

本报告为中译版，由北京绿研公益发展中心（G:HUB）编译。在中国生物多样性基金（CBF）的资金支持下，由法国开发署（AFD）提供支持。中译版仅供参考，如遇中英文版本不一致之处，以英文版本为准。

本报告内容谨代表作者个人观点，不代表法兰西银行的观点。

英文版本下载地址为：

https://publications.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/wp826_0.pdf

¹ Banque de France;

² Agence française de développement (AFD);

³ Office français de la biodiversité (OFB);

⁴ Université Sorbonne Paris Nord, Centre d'économie et de gestion de Paris Nord (CEPN);

⁵ École normale supérieure (ENS) de Paris;

⁶ CDC Biodiversité. Corresponding author: Romain Svartzman, romain.svartzman@banque-france.fr

目录

摘要	i
关键词.....	i
JEL 分类.....	i
非技术性摘要.....	ii
1 引言	1
2 什么是生物多样性？为什么它对经济学家很重要？	5
2.1 生物多样性和生态系统服务	6
2.2 生物多样性丧失：事实、驱动因素和潜在后果	9
2.2.1 生物多样性丧失：一些关键事实和趋势	9
2.2.2 生物多样性丧失的直接和间接驱动因素	10
2.2.3 生物多样性丧失的社会经济影响	11
2.3 国际治理议程中的生物多样性丧失——实现生物多样性“主流化”	12
3 与生物多样性相关的金融风险——原理、挑战和方法	14
3.1 从与生物多样性相关的金融风险的意识提升到应对需采用的分析框架	15
3.2 评估生物多样性-经济-金融之间关系的挑战	17
3.2.1 生态系统过程的复杂性	17
3.2.2 生态系统服务价值评估过程的不可通量性和不可比性	18
3.2.3 自然资本的有限替代性与强可持续性方法	20
3.3 本研究的方法——特定方法评估物理风险和转型风险	21

4	评估法国金融机构对生物多样性的依赖性和影响的方法	24
4.1	将证券与其发行人关联起来（第一步）	26
4.2	评估证券发行人的依赖性和影响（第二步）	26
4.2.1	计算发行人的依赖性评分	28
4.2.2	计算发行人的生物多样性足迹	30
4.3	将证券发行人的风险敞口分配至投资组合中（第三步）	32
5	法国金融系统对生物多样性和生态系统服务的依赖性和影响	34
5.1	法国金融系统对生物多样性和生态系统服务的依赖性	35
5.1.1	总投资组合依赖性评分	35
5.1.2	按生态系统服务划分	38
5.1.3	按行业划分	39
5.2	法国金融系统对生物多样性的影响	41
5.2.1	静态足迹	42
5.2.2	动态足迹	45
6	进一步探讨与生物多样性相关的金融风险研究的方向	48
6.1	面对与生物多样性相关冲击的特别情景	49
6.2	在经济连锁效应和金融传导模型中嵌入生物多样性相关冲击	51
6.3	基于双重重要性理论的生物多样性方法案例	52
6.3.1	双重重要性概念	52
6.3.2	生物多样性相关方法设计中存在的实际问题	53
7	结论	56

摘要

本报告旨在介绍法国开展的与生物多样性相关的金融风险（BRFR）研究，在探索生物多样性丧失与金融稳定性方面具有一定开创性。基于过往研究，本研究建立了一套识别与生物多样性相关的金融风险的分析框架，重点强调了自然资本的有限替代性及其复杂性。此外，研究提出评估法国金融系统对生物多样性依赖性和影响的定量分析方法。研究表明，法国金融机构所持 42% 的证券价值来自高度或极度依赖于一种或多种生态系统服务的发行人。研究还发现，这些证券所产生的陆地生物多样性足迹相当于损失了 13 万平方公里的“原始”自然，这相当于 24% 的法国本土面积被完全人工化。最后，研究提出进一步开展物理风险和转型风险评估等方面的研究建议。⁷

关键词

生物多样性；金融稳定性；环境风险；情景分析；金融市场和宏观经济；生态系统服务价值评估。

JEL 分类

C67, D81, E44, G32, Q51, Q57

⁷ 我们非常感谢 Joris van Toor 对本研究上一版本的详细评论和讨论，也非常感谢 Renaud Concordet 的研究协助。我们感谢以下人士提出的建议、意见和贡献：Spyros Alogoskoufis, Théophile Anquetin, Bénédicte Augéard, Sebastian Bekker, Lukas Boeckelmann, Clément Bourgey, Pietro Calice, Valérie Chouard, Laurent Clerc, Odile Conchou, Naig Cozannet, Matthieu Delabie, Bertille Delaveau, Simon Dikau, Héliène Djoufelkit, Charles Dowlat, Dominique Dron, Zahira El Barni, Thomas Garcia, Sylvie Goulard, Alain Grandjean, Paul Hiebert, Charlène Kermagoret, Gilles Kleitz, Hadrien Lantremange, Katie Leach, Harold Levrel, Emmanuelle Mansart, Jules Massin, Thomas Mélonio, Guillaume Norendi, Marko Novakovic, Danijela Piljic, Pauline Poisson, Alfred Mbairadjim, Laura Parisi, Florence Robert, Nick Robins, Sibylle Rouet Pollakis, Sophie Salomon, Cécile Valadier, Lucas Vernét, Thomas Viegas, Paul Vignat, Marie-Anne Vincent, Pierre-François Weber, 以及 Lou Welgryn。我们感谢 Carbon4 Finance, CDC Biodiversité, the Natural Capital Finance Alliance 以及 UNEP-WCMC 为我们提供的数据支持。

非技术性摘要

生物多样性是构建地球生命共同体的根基，目前正面临因人类活动导致的严重衰退。生物多样性丧失对生态系统和社会经济系统带来的风险与气候变化所带来的风险一样高，甚至更高。此外，生物多样性丧失与气候变化之间相互影响。因此，金融界对与生物多样性相关的金融风险愈加重视：与生物多样性相关的金融风险会对金融稳定构成威胁，因此央行和金融监管识别并管理此类风险变得尤为重要。但是，评估与生物多样性相关的金融风险将面临一系列的问题与挑战，包括生态系统的复杂性和自然资本的有限替代性，其与评估气候相关的金融风险（CRFR）相比更为复杂。

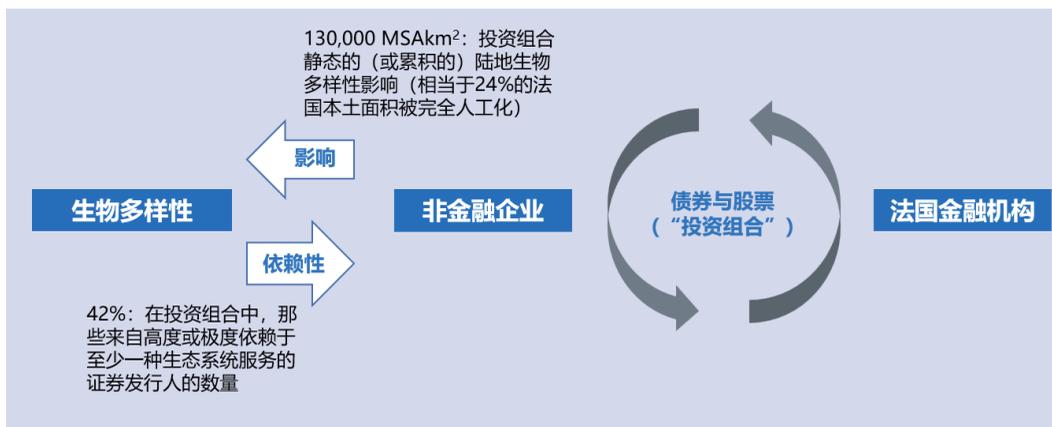
在此背景下，本研究以 van Toor 等人（2020）针对荷兰的开创性研究为基础，对法国金融系统面临的与生物多样性相关的金融风险进行初步探索，并基于法国金融机构所持的非金融企业发行的债券与股票（“投资组合”），开展如下研究。

为评估物理风险，本研究提供了评估法国金融机构投融资经济活动对 21 种生态系统服务依赖性的方法。在衡量对生态系统服务的直接依赖性方面：研究认为法国金融机构所持 42% 的证券价值来自高度或极度依赖于一种或多种生态系统服务的发行人（非金融机构）。在衡量对生态系统服务的上游（或间接）依赖性方面：研究认为投资组合中的所有证券发行人通过其价值链对所有生态系统服务至少有轻度依赖。

为评估转型风险，本研究提供了评估法国金融机构投融资经济活动对陆地和淡水（非海洋）生物多样性影响（即投资组合的“生物多样性足迹”）的方法。研究发现，法国金融系统累积的（或静态的）陆地生物多样性足迹相当于损失了 13 万平方公里的“原始”自然，也相当于 24% 的法国本土面积被完全人工化，而土地利用变化是造成这一结果的主要压力。此外，法国金融机构投资组合每年对陆地生物多样性产生的额外的（或动态的）影响，相当于损失了 0.48 万平方公里的“未改造的”自然，也相当于每年有 48 个巴黎大小的区域被完全人工化，其中气候变化是造成这一结果的主要压力。

最后，本研究提出了进一步开展物理风险和转型风险评估等方面的研究建议：（i）开发适用于评估金融风险的生物多样性相关情景；（ii）应用更有针对性的方法学，以更好地分析生态系统服务的有限替代性及其丧失所引发的非线性影响；（iii）开发用于评估金融机构与生物多样性相关目标是否具有一致性的新工具。

法国金融机构“投资组合”（债券与股票）对生态系统服务的依赖性和对生物多样性的影响



注: ENCORE 工具能够直接输出依赖性得分, 它为评估与生物多样性相关的物理风险提供了重要信息。BIA-GBS 工具能够直接输出生物多样性足迹 (影响), 它为评估与生物多样性相关的转型风险提供了重要信息。



1 引言

“随着鸟儿的归来，春天悄然而至，曾经充满鸟鸣之美的清晨，现在却出奇的寂静。鸟儿的歌声突然消失，鸟儿为我们的世界带来的色彩、美丽和快乐也随之消失了。这一切来的迅速而隐蔽，而那些尚未受到影响的地区却还没有注意到这一切的改变”。（蕾切尔·卡逊，《寂静的春天》，1962）

生物多样性是地球的生命结构。然而，人类活动正在导致生物多样性迅速丧失（IPBES¹，2019），随之而来的是“地球维持复杂生命的能力”的丧失（Bradshaw 等人，2021）。目前，物种的灭绝速率比过去一百万年高出 100 至 1,000 倍（IPBES，2019），脊椎动物物种的种群规模自 1970 年以来平均下降了 68%（WWF，2020）。生物学家认为，我们正在或即将导致地球历史上第六次物种大灭绝，而上一次发生在 6,500 万年前（Ceballos 等人，2015）。

姑且不考虑生态系统的内在价值，除了与气候变化相互影响外，生物多样性丧失对人类社会带来的风险至少与气候变化所带来的风险一样高（Bradshaw 等人，2021；IPBES & IPCC，2021）。例如，科学家们已经就“流行病风险正在迅速增加……流行病的出现是人类活动以及这些活动对环境的影响造成的”这一事实敲响了警钟（IPBES，2020，第 5-6 页）。

直到最近，金融界才开始关注生物多样性丧失对经济与金融造成的影响。生物多样性经济学达斯古普塔评论（Dasgupta，2021）强调，生物多样性丧失对经济和金融系统造成的风险可能是灾难性的，有可能引发“绿天鹅”²事件（Bolton 等人，2020a）。央行与监管机构绿色金融网络（NGFS）最近已经开始研究生物多样性丧失、宏观经济和金融之间的关系（INSPIRE & NGFS，2021）。同时，van Toor 等人（2020）首次在国家层面对荷兰与生物多样性丧失相关的潜在金融风险进行了评估，并发现这些风险可能是巨大的。

在此背景下，本研究对法国与生物多样性相关的金融风险（BRFR³）进行了初步评估。具体而言，本研究取得三项主要成果：

¹ IPBES 是生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台。它对于生物多样性领域的意义，犹如气候变化领域的 IPCC（政府间气候变化专门委员会）。

² “绿天鹅”（Bolton 等人，2020a）与著名的“黑天鹅”（Taleb，2007）具有共同的特点，即它们难以事先预测，并可能产生严重的后果，且这些后果只能在事后被解释。绿天鹅还有三个特点（Bolton 等人，2020c；Svartzman 等人，2021）：
(i) 科学证据表明，这种与自然相关的冲击几乎肯定会发生，尽管这些事件的确切时间、地点和影响仍然非常不确定；
(ii) 它们涉及不可逆转的损失（财务的、物质的，以及人类生命的损失），可能对人类构成道德和/或生存威胁；
(iii) 它们无法通过个体的策略进行防范，这意味着需要合作和系统性变革来减缓这种风险。

³ 文献中还使用了与自然相关的金融风险（NRFR）这一概念。鉴于自然是一个多义词，生物学家没有对其进行精确定义，本研究指的是与生物多样性相关的金融风险。本研究认为，与生物多样性相关的金融风险和与气候相关的金融风险都是与自然相关的金融风险的子集。此外，确定“与生态系统服务相关的金融风险”（ESFRF）一词是否更准确地描述了本研究探讨的风险似乎很重要（正如 Harold Levrel 提出的宝贵建议）。例如，某些形式的生物多样性丧失可能不会转化为生态系统服务的降低，因此仍不属于金融部门认为值得考虑的范围。方便起见，在研究中使用与自然相关的金融风险一词，但在未来的工作中应该澄清这一快速增加的文献所用的术语。

一是，基于过往研究，本研究建立了理论基础和分析框架，中央银行和金融监管机构可以通过这些框架分析与生物多样性相关的物理风险和转型风险⁴。研究发现，评估生物多样性和经济之间关系的挑战使“度量”与生物多样性相关的金融风险变得较为困难。本研究强调：生态系统的复杂性和非线性、生态系统服务价值评估方法的不可比性，以及自然资本的有限替代性或不可替代性。因此，探索与生物多样性相关的金融风险，需要在方法学上进行创新。

二是，本研究针对法国金融机构所持的证券（包括债券与股票，截至 2019 年末）对生态系统服务的依赖性和对生物多样性的影响进行了定量评估。这些依赖性和影响评估可用于初步评估与生物多样性相关的物理风险和转型风险。本研究在 van Toor 等人（2020）应用的两种方法的基础上，进行了具体测算并尝试拓展，如开展对供应链上游依赖性的评估。

总的来说，研究（基于 2019 年末数据）表明，法国金融系统可能面临较大的物理风险和转型风险。在依赖性方面，法国金融机构所持 42% 的证券价值高度或极度依赖于一种或多种生态系统服务。在影响方面，法国金融机构所持的证券所累积的（或静态的）陆地生物多样性足迹相当于损失了 13 万平方公里的“原始”⁵自然（即把这一表面未受干扰的生态系统转换成一个完全人工化的生态系统），这也相当于 24% 的法国本土面积被完全人工化。⁶此外，它们每年对陆地生物多样性产生的额外的（或动态的）影响，相当于损失了 0.48 万平方公里的“原始”自然，也相当于每年有 48 个巴黎大小的区域被完全人工化。本研究还评估了法国金融系统所持的证券产生的水生（淡水）生物多样性足迹，但由于方法学存在不足，将此部分进行单独研究。

三是，为了将这些研究结果转化为实际的与生物多样性相关的金融风险，同时考虑其具体特征（复杂性、不确定的评估过程和有限替代性），本研究提出了进一步开展物理风险和转型风险评估等方面的研究建议：（i）开发适用于评估金融风险的生物多样性相关情景；（ii）应用更有针对性的方法学，以更好地分析生态系统服务的有限替代性和不可替代性及其丧失对经济和金融的非线性影响；（iii）采用“双重

⁴ 根据上一个脚注中讨论的使用准确术语的需要：(i) 物理风险源可称为“生物物理”风险源（事实上，生物物理环境包括生物体或种群周围的生物和非生物环境）；(ii) 转型风险源可称为“社会经济转型”风险源（事实上，金融风险更可能出现，因为我们的社会经济系统可能需要进行一些具有深远影响的转型，以应对生物多样性丧失）。然而，本研究没有就这一问题进行深入讨论，因此，希望未来的工作能够阐明这些术语。同时，本研究使用了“物理”和“转型”这两个术语，因为它们在 NRFR、CRFR 和 BRFR 的文献中更常见。

⁵ “原始”、“未改造过的”、“完整”和“未受干扰的”自然提供了一个理论参考点，但本研究承认，在实践中，社会生态系统是没有“原始”状态的历史和进化实体（地球表面的任何生态系统从未受到人类的影响是值得怀疑的）。此外，一些“转换”的区域可能比“未改造过的”区域更具生物多样性。

⁶ 法国本土是指法兰西共和国的地区，在地理上位于欧洲。它的陆地面积为 54.394 万平方公里。本研究使用这一地区，是因为它更容易在地图上可视化。如果将本研究的结果与法国本土及其几个海外地区和领地（总面积为 64.0679 万平方公里）的表面进行比较，投资组合的静态影响将相当于整个领土的 20% 被人工化。“人工化”一词有利于交流，但不应将其解释为土地利用变化是造成这一结果的唯一因素。

重要性”方法（这与法国 2019 年《能源和气候法》第 29 条⁷一致），特别是开发用于评估金融机构与生物多样性相关目标是否具有一致性的新工具。

尽管本研究提供了说明法国金融机构对生物多样性具有显著依赖性和影响的依据，但研究也明确指出，在研究与生物多样性相关的具体事件与金融系统的传导机制方面仍有很长的路要走。例如，冲击点和传导机制是什么？经济和金融主体应该具备哪些适应能力？本研究是法国金融系统开启这一新兴课题的第一步。因此，在评估这些结果时，应牢记所有相关注意事项。

本研究内容包括：第 2 章概述什么是生物多样性、导致生物多样性大规模丧失的原因，以及相关治理框架将如何影响经济和金融主体，使其发生重大变化。本章的主要目的是为读者提供必要的背景信息，以便读者更易理解后文。第 3 章关注生物多样性与经济和金融的关系，并建立了一个评估与生物多样性丧失相关物理风险和转型风险的框架，阐述为什么现有经济和金融模型难以捕捉这些风险，并介绍研究接下来所使用的方法。第 4 章介绍研究的方法论。第 5 章提出法国金融系统对生物多样性具有依赖性和影响的重要依据。第 6 章提出研究展望。第 7 章进行总结。

六十年前，蕾切尔·卡逊（Rachel Carson, 1962）在一本环境思想的著作中，通过“寂静的春天”这一表述，开启了有关人类活动对自然环境和人类健康影响⁸的讨论，其中特别提到杀虫剂对鸟类数量下降的影响。在过去的几十年里，生物多样性丧失在全球范围内不断恶化（尽管在地方层面取得了一些成功），因此避免“寂静的春天”不仅从生态和社会的角度，而且从经济和金融角度来看都至关重要。

⁷ 见：<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043541738>

⁸ 关于人类健康，Carson（1962）探讨了某些杀虫剂（最明显的是 DDT）的使用与人类疾病（包括癌症）增加之间的联系。

2 什么是生物多样性？ 为什么它对经济学家很重要？

生物多样性 (biodiversity) 一词是生物多样性 (biological diversity) (Lovejoy, 1980) 的缩写, 于 20 世纪 80 年代中期出现在科学界 (Wilson, 1988)。最初是由生物学家和保护生态学家共同推动的, 自 1992 年里约热内卢地球峰会以来, 逐渐被推到政治议程的前沿。虽然生物多样性从此进入人们的视野, 但这一概念并未被人们准确地理解, 它往往仅被局限地定义为物种多样性, 而物种多样性仅是生物多样性的一小部分。近几十年来, 地球和生命科学取得长足进步, 丰富了我们对于生物和生物多样性作用的认识, 同时强调了我们需要采取紧急行动以扭转生物多样性丧失的局面。因此, 在深入探讨生物多样性的经济和金融层面之前, 有必要对生物多样性的组成 (第 2.1 章)、导致其大规模丧失的驱动因素 (第 2.2 章) 以及扭转其丧失所需的政治进程 (第 2.3 章) 加以总结。

2.1 生物多样性和生态系统服务

生物多样性可以被定义为自然界的生命部分 (Barbault, 2006) 或“地球的生命结构”。⁹IPBES (2019) 将生物多样性定义为“所有来源的形形色色的生物体, 这些来源除其他外, 包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成的生态综合体; 这包括物种内部、物种之间和生态系统的多样性”。这三个层次可简要地定义如下 (见图 1) :

- 物种内部的多样性: 指遗传和种内多样性 (Geist, 2011) 以及其他形式的多样性, 例如, 行为、文化和形态多样性。基因不是一种生命形式, 但它构成了生命的基础, 因此被认为是生物多样性的“最基础”层次 (表观遗传多样性除外)。
- 物种之间的多样性: 指物种的多样性, 是人们最容易想到的生物多样性层面。据估计, 全球有超过 1,000 万的多细胞物种, 但已知的大约只有 170 万种 (May, 2011), 这导致一些人将生物多样性称为“暗物质” (Chevassus-au-Louis 等人, 2009)。物种的地区丰度和分布是决定一个物种健康与否和生存能力的关键。
- 生态系统的多样性 (或生态多样性, 包括每个生态系统的功能多样性和生态系统本身的多样性): 生态系统是一个动态的复杂系统, 其中生物群落 (植物、动物、真菌、微生物) 与由一系列水文、地质、化学、气候或地理参数定义的非生物环境相互作用。例如, 流域、湿地、珊瑚、红树林、热带雨林和农用地, 它们提供了物种生存所必需的多样化栖息地。这些生态系统内的结构和功能相互作用 (例如, 食物链、物理、化学和信息交换) 与其组成本身同样重要 (Barbault, 2006)。这就是为什么一些作者强调功能多样性在理解生物多样性方面如此重要。

⁹ 见: <https://en.unesco.org/themes/biodiversity>

这三个层次可以被纳入更广泛的两个层面中。第一种是生物群落（或宏观系统），它包含多个生态系统并形成不同的生物群落。目前有 9 个陆地生物群落已被识别（Bowman 等人，2018），包括热带雨林、沙漠、苔原和温带草原。第二种是生物圈，即全球生态系统，它也是最大的一层，包括所有生物（生物学家称之为生物量）及其相互关系。正如《千年生态系统评估》（MEA，2005，第 18 页）的作者所说，“这一层生物体……在物理和化学上将大气层、地圈、水圈结合成一个环境系统，包括人类在内的数百万物种在其中繁衍生息”。也就是说，生物圈是地球上能够支持生命的总面积（Levin，2009）。

图 1.A 生物多样性的不同组成部分，从遗传物质到生物圈



来源：作者（基于图 8），改编自达斯古普塔 Dasgupta（2021）

因此，生物多样性不仅涵盖了所有生态系统和生命形式（植物、动物、真菌、细菌等），而且还包括存在于生物圈中的多种生物体之间以及这些生物体与其生活环境之间的所有关系和相互作用（例如，合作、捕食和共生）（Gouletquer 等人，2013；MEA，2005；Stock，1992）。因此，生物多样性是一个“多维对象”（Chevassus-au-Louis 等人，2009），由不同生态系统内的生物体在时间和空间上的相互关系和相互作用构成的近乎无限的网络，不能用单一的衡量标准来比较。后者在“度量”生物多样性与经济金融体系之间的关系时具有重要意义，这一点将在第 3 章中讨论。

采用以人类为中心的框架，“生态系统服务”的概念（Braat 等人，2008；CGDD，2017；Daily，1997；Dasgupta，2021；MEA，2005），以及最近的“自然对人类的贡献”（NCP）（IPBES，2019）使我

们能够更广泛地捕捉人类对生态系统和自然的依赖性，以及人类从中获得的各种惠益。这些生态系统服务被定义为生态功能¹⁰与人类实际或潜在的社会经济效益之间的联系(Haines-Young & Potshin, 2018)。根据国际生态系统服务通用分类(CICES, Haines-Young & Potshin, 2018)，生态系统服务分为三种不同类型(见图 1.B)：(i) 供给服务。例如，食物、燃料、饮用水或药物；(ii) 调节和维持服务。例如，授粉、气候调节、空气质量或侵蚀控制；以及(iii) 文化服务。例如，旅游或与自然相关的精神价值。这些不同服务的维持是由基本的生态功能(此前在 MEA, 2005 框架中称为支持服务)实现的，例如，物质循环、水、碳、光合作用、土壤形成、生态系统内的生态相互作用和生物多样性的保护。因此，生态系统服务流可被视为社会从生物多样性中获得的“红利”(TEEB, 2010)。生态系统服务的概念目前已被多个研究团体(例如，生态与环境科学、经济学和其他社会科学和人文科学、决策者、私营部门和公民社会等)普遍使用。

图 1.B 生态系统服务类型



来源：改编自 CICES (2021)

尽管如此，对于人类系统如何以及应该如何评价生物多样性和生态系统服务，目前仍存在许多争论(例如，Descola, 2005; Latour, 2016; Maris 等人, 2016; Levrel, 2020)。经济学领域研究生物多样性的标准方法是考虑自然资源存量(生态系统、底土资源)的价值，即“自然资本”，¹¹可以通过功利主义的角度加以捕捉，并通过各种基于市场和非基于市场的价值评估方法转化为货币单位。因此，在这

¹⁰ 生态功能是指生态系统特有的现象，是生态系统的条件、生态结构和过程共同作用的结果。无论有没有人类存在，生态功能都会发生。

¹¹ 生物多样性是自然资本的一个特征，被认为是一种赋能资产，即赋予自然资本价值的资产。事实上，生物多样性是自然资本提供生态系统服务能力的基础，因为它会影响生态系统的生产力、恢复力和适应性(Dasgupta, 2021)。

种方法中，生物多样性“存量”的价值取决于其生态系统服务货币化流量的现值。但这种观点受到经济学家的激烈争论（Maris 等人，2016；Spash & Hache，2021）。虽然本研究的目的不是深入探讨这些争论，但要注意的是，本研究深入探讨生态系统服务价值评估的社会构建过程，将对如何处理、计算和管理与生物多样性相关的金融风险具有重大影响。因此，第 3.2 章讨论了与生态系统服务价值评估相关的一些挑战及其对本研究的目的和方法学的影响。

2.2 生物多样性丧失：事实、驱动因素和潜在后果

2.2.1 生物多样性丧失：一些关键事实和趋势

自工业革命以来，尤其是在过去的六十年中，人类活动阻碍和削弱了生命多样化的内在能力（MEA，2005；IPBES，2019）。许多科学家认为，人类对生命进化的影响是导致第六次大灭绝的原因（Ceballos 等人，2015）。如今，“800 万种动植物物种中，约有 100 万种已经濒临灭绝……全球物种灭绝的速率比过去 1,000 万年的平均速率高出至少几十到几百倍，并且仍在加速”¹²（IPBES，2019）。在过去的五十年里，脊椎动物物种的种群规模平均下降了 68%（WWF，2020），其总生物量的绝大部分由牲畜和人类组成，只有约 5% 由野生物种组成（Bar-On 等人，2018）。其他多种物种也受到影响。例如，昆虫作为动物和植物物种的一大部分，也在以人类历史上前所未有的速率消失（Hallman 等人，2017；van Klink 等人，2020）。

生态系统和栖息地多样性也受到很大影响：“与最初的估计状态相比，自然生态系统平均下降了 47%”（IPBES，2019）。原始森林、许多岛屿的生态系统和湿地尤其受到威胁。例如，在过去的 300 年里，对物种多样性至关重要的大部分湿地已经从地球上消失（IPBES，2019）。淡水和海洋环境也受到了严重破坏（Bradshaw 等人，2021）：在欧盟，“只有 38% 的受监测湖泊、河流和其他地表水体处于良好的化学状态。”（EEA，2018）。同样，土地面积方面，全球 24% 的土地被认为处于退化状态（IRP，2019），土壤（FAO，2015）已经严重退化。

鉴于生态系统的性质，人类活动对生物多样性丧失的影响可能会变得更加剧烈，因为生态系统受反馈循环和临界点等非线性动态的影响。越过关键的生态阈值（临界点）可能导致灾难性和不可逆转的后果。例如，Lovejoy & Nobre（2018）估计，当森林砍伐率达到 20-25% 时，亚马逊系统的临界点可能会出现。过了这个临界点，亚马逊或至少亚马逊的大部分地区，可能会转变为热带草原植被，这对生物多样性和

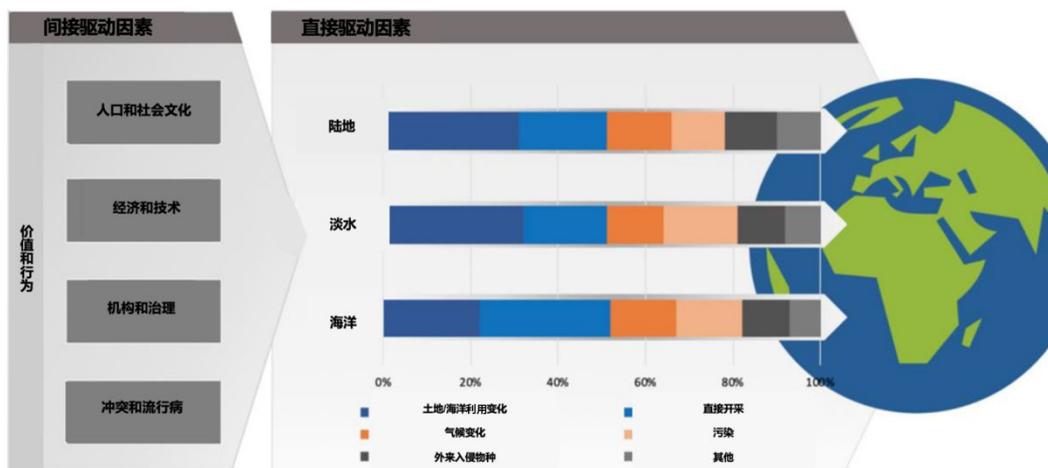
¹² 有些物种受到的威胁更大：40% 的两栖动物、33% 的珊瑚礁、26% 的哺乳动物和 35% 的针叶树面临灭绝的威胁。

气候变化都会造成灾难性后果，因为该生态系统在储存二氧化碳方面发挥着关键作用。最近一项研究（Covey 等人，2021）发现，亚马逊雨林可能已经产生了净变暖效应。

2.2.2 生物多样性丧失的直接和间接驱动因素

根据 IPBES（2019），导致生物多样性丧失的直接驱动因素有五类。就全球影响而言，这些因素按重要性划分由高到低依次是：土地和海洋利用变化、自然资源直接开采、气候变化、污染、外来入侵物种（见图 2）。其重要性的排序可能会因特定生态系统（例如，海洋利用变化主要受渔业和海产品的直接开发而影响）和地点（例如，岛屿往往比大陆地区更易受外来物种入侵的影响）略有变化。

图 2 生物多样性丧失的直接和间接驱动因素



来源：作者（基于图 8），改编自 IPBES（2019）

五大驱动因素中，土地和海洋利用变化与自然资源的直接开采是密切相关的，其重要性在陆地和淡水生态系统与海洋生态系统之间存在差异。对于陆地和淡水生态系统来说，土地利用变化对自然造成的负面影响最大，其次是直接开采，主要包括收获、伐木、狩猎和捕鱼。例如，地球陆地表面的一半以上已转化为人类用途，包括农业用地、¹³牧场和草场以及城市（IPBES，2019）。对于海洋生态系统来说，直接开采（特别是捕鱼）是主要压力，其次是海洋利用变化，这包括基础设施建设和发展水产养殖等涉海产业，近 75% 的主要海洋鱼类种群已经被过度开发（IPBES，2019）。

¹³ 最广泛的土地覆盖变化形式是由农业扩张驱动的，目前超过三分之一的陆地表面被用于种植或畜牧业，牺牲了森林、湿地、草原和许多其他自然土地覆盖类型。

生物多样性丧失的第三大驱动因素是气候变化。例如，气候变化日益通过干旱、气温升高和强风暴加速森林退化（WRI，2021），并引发热带雨林转化为热带草原（Araújo 等人，2021）。当全球变暖 1.5°C 时，珊瑚礁可能减少 70-90%，当全球变暖超过 2°C 时，珊瑚礁可能会消失（IPCC，2018）。此外，生物多样性丧失和气候变化之间相互作用。例如，气候变化引起的森林退化不仅会对当地生态系统造成不可逆转的损害，还可能释放更多二氧化碳，加剧气候变化，导致更多的森林退化（例如，频繁的干旱、火灾）。气候变化和生物多样性丧失也会共同加剧一些特定的模式。例如，增加病原体跨越人类和动物之间屏障的风险（Calas 等人，2020；IPBES & IPCC，2021；Lugassy 等人，2021）。然而，解决一个问题并不像人们通常认为的那样自动解决另一个问题。特别是，一些旨在使全球经济脱碳的情景因其对生物多样性存在潜在的灾难性影响而受到批评，最突出的实例是负排放所需的土地利用变化（Capellán-Pérez 等人，2017；Deprez 等人，2021；IPBES & IPCC，2021）。

第四，多种形式的空气、水和土壤污染也导致了生物多样性丧失。例如，自 1980 年以来，海洋塑料污染增加了 10 倍；每年向水道排放的工业有毒废物和重金属达 4 亿吨；每年有超过 1 亿吨的矿物氮肥被施用于农作物，对自然栖息地造成了严重影响（世界银行，2020）。人们对农业、工业和国内产品（例如，医药废物、燃料、纺织品、植物检疫和兽药产品、化妆品和洗涤剂）产生的微污染物也愈发关注，这些微污染物即使在非常低的水平（例如，内分泌干扰物）也会对生物产生影响。

第五，外来物种的入侵正在破坏自然栖息地，减少生物种群的多样性。例如，自 1980 年以来，外来物种的累积记录增加了 40%（世界银行，2020）。虽然海洋环境主要通过水产养殖和航运（Dasgupta，2021）以及岛屿上的特有物种特别容易受到外来入侵物种的影响，大陆生物多样性也会受其威胁（见欧盟委员会工作文件，2013）。

这五个直接驱动因素是由一系列根本原因造成的，即引起变化的间接驱动因素（见图 2）。这些间接驱动因素与社会价值观和行为有关，包括生产和消费模式、人口动态和趋势、贸易、技术创新和地方到全球层面的治理，而且因不同地区、国家和群体驱动的程度有所不同（IPBES，2019）。解决生物多样性丧失的间接驱动因素可能需要在全球社会经济体系中进行深远的或“变革性转型”（IPBES，2019），下文将进一步讨论金融稳定性问题。

2.2.3 生物多样性丧失的社会经济影响

在第 3 章中，本研究将深入讨论生物多样性丧失对经济和金融的影响，本章会对其潜在在社会经济影响进行初步概述。人类造成的生物多样性压力已经影响了自然和生态系统所提供的调节和维持服务。例如，固碳、防洪、水污染过滤、疾病控制、授粉以及极端事件调节。IPBES（2019）表明，由于生物多样性丧失、农业产量下降、水和空气质量恶化，以及更加频繁和更猛烈的洪水和火灾等，已经在多个地区危及人类健康（Bradshaw 等人，2021）。

然而上述影响可能会增加，并且更多间接影响可能正在发挥作用，更难以进行量化评估。例如，专家长期以来¹⁴一直认为，生物多样性丧失可能会出现新型流行病，并且近几十年来绝大多数新病原体是人畜共患病（Morens 等人，2020；Bradshaw 等人，2021）。IPBES（2020，第 2 页）等组织目前认为，如果不能扭转生物多样性丧失的局面，流行病可能会更加频繁地出现、更加快速地传播、更加严重地损害人类健康，并以前所未有的破坏性影响全球经济。

总之，尽管气候变化已经引起了人们对人类与环境相互作用的广泛关注，但科学证据表明，“生物多样性丧失对生态过程的影响可能非常大，足以与火灾、氮超载和大气碳浓度上升等其他主要全球环境变化驱动因素的影响相较（Dasgupta，2021，第 75 页）。

因此，生物多样性丧失的经济代价可能是巨大的。基于标准经济评估框架并在参考过往研究的基础上（Costanza 等人，1997），Costanza 等人（2014）评估全球生态系统服务价值（包括饮用水、食物和授粉等）每年高达 125 万亿美元，约为全球 GDP1.5 倍。¹⁵其他与生物多样性相关的经济损失评估则更侧重于有局限性的地理区域或行业。例如，Gallai 等人（2008）估计全球范围内授粉服务价值在 2005 年每年约为 1,500 亿欧元，占作物生产总值的 9.5%。

然而，正如将在第 3 章讨论的，评估生物多样性经济重要性的关键挑战之一，即现有标准环境经济学使用的模型和分析框架很难公正地反映科学界的研究成果，即生物多样性丧失可能对人类社会造成的潜在灾难性后果，更不用说除人类之外的其他物种了。将生态系统服务货币化的现有尝试，往往面临方法论和认识论上的诸多挑战（Maris 等人，2016；Spash & Hache，2021），这就意味着应该更加谨慎地进行评估。

在本研究中，现有生物多样性经济模型的金融风险评估方法很容易低估与生物多样性丧失相关的尾部风险，造成此类问题的原因很多，此部分会在第 3.2 章深入讨论。此外，还有一些研究上的挑战阐述了需要采用特别的方法，这包括生态系统的复杂性与设置非线性模型；货币价值评估过程嵌入社会价值，即那些根据定义能够将多个价值和指标简化为单一指标的社会价值；难以解释解决生物多样性丧失所需的体制转型或结构变化；以及自然资本的有限替代性等，这将在第 3.3 章讨论。

2.3 国际治理议程中的生物多样性丧失——实现生物多样性“主流化”

在此背景下，生物多样性丧失在国际治理议程中日益得到广泛关注，对区域和国家议程产生了重要影响（见附件 1.A 对欧盟和法国的重点关注）。此外，生物多样性治理正在从一个孤立的主题（例如，侧重

¹⁴ IPBES（2019）提到：“人畜共患病是对人类健康的重大威胁……野生动物、家畜、植物或人类中新出现的传染病可能因人类活动（例如，土地清理和栖息地破碎化）……或抗生素的过度使用导致许多细菌病原体的抗生素耐药性快速演变”。

¹⁵ Swiss Re Institute（2020）发现，全球 55% 的 GDP 依赖于具有强大生态功能的生态系统服务。

通过国家公园的生物多样性保护），转向对多个经济部门具有影响的综合方法。

生物多样性方面的国际治理基石是 1992 年在里约举行的地球首脑会议，会议通过了《联合国生物多样性公约》（CBD）和所有签署国在国家一级制定的一系列约束性目标。2010 年的名古屋会议强调了治理原则并设立了“爱知目标”，目标由五个战略目标的二十个具体目标组成，但是大部分“爱知目标”尚未实现。¹⁶

《联合国生物多样性公约》缔约方大会第十五次会议（CBD COP15）将在中国昆明举行。大会将交流自 2010 年爱知目标通过以来取得的进展，并为未来十年确定新方向。在此背景下，人们期望 COP15 将成为一项重要的国际协定，类似于巴黎《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）COP21 对气候变化领域产生的重要意义。COP15 旨在通过 2021-2030 年全球生物多样性框架（GBF），该框架涵盖五个主要目标¹⁷，可分为三个主要领域：（i）减少对生物多样性的威胁，包括到 2030 年保护 30% 的陆地、淡水和海洋区域；（ii）通过可持续利用和分享生物多样性的惠益来满足人类需求；（iii）实施业务工具和解决方案以及对生物多样性的跨领域整合，即“生物多样性主流化”。

第三个领域包括资金流动在实现 2020 年后全球生物多样性框架（GBF）目标方面的作用。据估计，到 2030 年，保护全球生物多样性的资金需求预计每年在 7,220 亿美元至 9,670 亿美元之间，约占全球 GDP 的 1%，但目前每年仅花费 1,250 亿美元至 1,430 亿美元，即大约少了 6 倍（Deutz 等人，2020；Tobin-de la Puente & Mitchell，2021）。其中，约 25% 的资金应用于生物多样性保护，包括陆地和海洋保护区以及关键生物多样性热点地区，这意味着大部分资金应用于将保护生物多样性更好地纳入传统对生物多样性有害的经济部门，包括渔业、林业、农业和建筑业。此外，虽然在某些情况下需要对生物多样性进行额外的投资，但应对生物多样性丧失首先需要监管层面的变革，这些变革将影响经济主体。例如，在某些情况下，保护自然资源可能意味着投资的净减少以及商业或消费习惯的改变，但这些改变并不会转化为具体的投资。

这些进展表明，为了应对与生物多样性丧失相关的风险，需要进行许多制度变革，这可能对多个经济部门和主体产生重大影响（见附件 1.B）。IPBES 提到了“变革性转型”的概念，被理解为“跨越技术、经济和社会因素的根本性、全系统的重组，包括范式、目标和价值观”（IPBES，2019）。通过变革视角，除了需要衡量和内化环境外部性之外，还需要考虑新的优先事项，包括需要“拥抱美好生活的愿景……减少总消费和不平等”（IPBES，2020）。第 3.2 章进一步讨论了此类变革对本研究的一些影响。

¹⁶ 例如，现在只有 7.7% 的海洋区域受到保护，而不是 10%。乍一看，目前保护陆地和内陆水域的成果已接近于目标（16.6% 的官方保护目标与 17% 的目标），但这些保护区的管理往往无效（或部分有效），而且并不总是公平的（UNEP，2021）。

¹⁷ 这五个目标是：（i）淡水、海洋和陆地生态系统的表面积和完整性没有净损失；（ii）在增加物种丰度的同时减少受威胁物种的百分比（变化值正在谈判中）；（iii）保护或增加（待量化）遗传多样性；（iv）自然界在营养、获得饮用水和抵御自然灾害方面为部分人口提供的惠益得到改善（待量化）；以及（v）增加使用遗传资源和相关传统知识所带来的公平和公正的惠益分享。

3 与生物多样性相关的金融风险 ——原理、挑战和方法

3.1 从与生物多样性相关的金融风险的意识提升到应对所必需的分析框架

过去几年，人们日益认识到，环境退化可能威胁经济和金融稳定。虽然该领域的绝大多数工作都集中于与气候相关的金融风险，但对与生物多样性相关的金融风险的关注目前正在许多政治和经济领域（例如，WEF, 2021）快速发展。决策者（例如，G7, 2021；OECD, 2019）、公民社会组织（例如，Finance Watch, 2019；WWF, 2020）、私营部门倡议（例如，Chandellier & Malacain, 2021；TNFD, 2021）、以及学术学者（例如，Dasgupta, 2021；Kedward 等人, 2020, 2021）都讨论了生物多样性丧失和/或经济主体依赖于侵蚀生物多样性的活动这一事实，可能对金融稳定性产生影响。他们提出了若干框架和论点，见附件 1.C。

鉴于上述情况，中央银行和金融监管界日益关注。NGFS 章程¹⁸及其第一份综合报告（NGFS, 2019）明确提出气候及其他环境风险，在此基础上，INSPIRE 和 NGFS（2021）已经开始探索中央银行和金融监管机构为何以及如何进一步解决这一问题。

荷兰中央银行（van Toor 等人, 2020）首次从国家层面全面评估了金融机构面临的与生物多样性丧失相关的不同风险。其发现荷兰金融机构所持 36% 的股票高度或极度依赖于至少一种生态系统服务，荷兰金融机构的生物多样性足迹相当于损失了 5.8 万平方公里“原始”自然，相当于荷兰陆地面积的 1.7 倍以上。Calice 等人（2021）沿用了荷兰中央银行（DNB）的研究方法，对巴西开展类似研究。研究发现，巴西银行 45% 的企业贷款暴露于高度或极度依赖于一种或多种生态系统服务的行业，15% 的企业贷款暴露于在保护区或即将列为保护区内运营的公司。

重要的是，即将出台的金融法规可以将与生物多样性相关的金融风险评估更加系统化。特别是法国 2019 年《能源气候法》¹⁹第 29 条规定，金融机构必须将与生物多样性相关的金融风险纳入其报告实践（通过双重重要性的概念，见第 6.3 章）。法国银行与保险公司相关监管机构（ACPR 等人, 2020, 第 76-77 页）也认为，与气候变化类似，随着与生物多样性丧失相关风险的意识不断增强，监管对此的关注也将持续提升。

在此背景下，本研究的第一个贡献是在上述和附件 1.C 提出初步倡议的基础上，完善与生物多样性相关的金融风险的分析框架。基于此前与气候相关的金融风险（特别是 Bolton 等人, 2020b；NGFS, 2020）和与生物多样性相关的金融风险（特别是 INSPIRE & NGFS, 2021；van Toor 等人, 2020）的图示，本研究建议通过图 3 所示的框架，评估与生物多样性相关的金融风险。

¹⁸ 见：https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2020/09/03/ngfs_charter_final.pdf

¹⁹ 见：<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039355955/>

图 3 与生物多样性相关的金融风险的分析框架

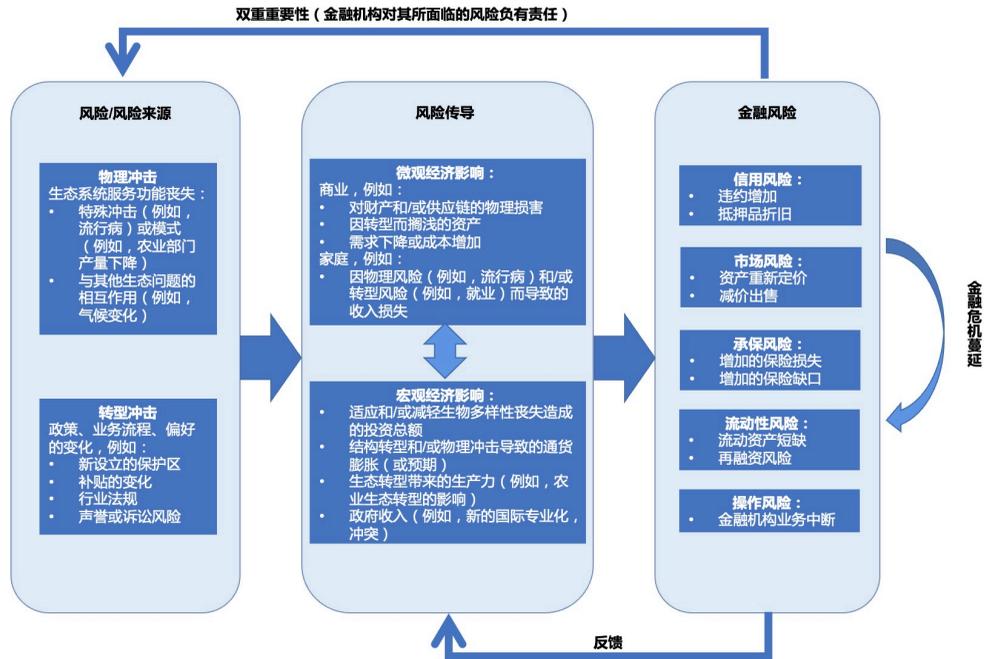


图 3 左侧表明，与气候相关的金融风险非常相似，生物多样性相关事件可以通过物理风险和转型风险²⁰影响金融稳定。与生物多样性相关的物理风险源与上述生物多样性丧失的五个直接驱动因素有关，后者可转化为慢性危害。例如，使用杀虫剂导致授粉媒介逐渐减少、土壤肥力下降和农业产量下降。或急性危害，例如，森林砍伐导致人畜共患病和随之而来的流行病。物理冲击可能发生在当地。例如，一个地区的农业产出损失²¹。或是全球层面，例如，供应链中断或流行病导致总需求空前下降。在规模上，与物理相关的风险源也可能影响地缘政治模式。例如，导致移民和冲突，进而对金融稳定产生意外威胁。

如果贷款、投资或保险政策等金融机构的活动，与新政策和法规（例如，终止有害补贴或保护新地区或其他与保护生物多样性相关的技术发展和消费者偏好）不一致或不兼容，也可能出现与转型相关的风险。转型冲击也可能是非常局部的，例如，影响一个地区农民的农业补贴变化，或是更为全球性的。例如，修改贸易协定以应对进口涉及的毁林问题，这可能导致一些国家的收入损失。在实践中，与转型相关的风险源可能不会以“冲击”形式出现，而是通过程度不同的快速社会经济转型实现，这可能会对现有经济和金融运行结构与利益带来挑战。

²⁰ 本研究认为诉讼和声誉风险是物理或转型风险的一部分。

²¹ 关于自然风险和农业的更多详细信息，见 WWF（2021b）。

简言之，与生物多样性相关的金融风险会产生物理风险和转型风险两大类风险，但在实际转化为信用风险或市场风险等典型的金融风险之前，会通过家庭、公司、行业或宏观经济层面等多种渠道来影响经济活动。此外，物理风险源和转型风险源可能会结合，不同金融风险之间可能会出现多种蔓延渠道（图 3 中的金融蔓延箭头），并在经济体系中形成潜在的循环。最后，与生物多样性相关的金融风险有一部分也是内生的（Chenet 等人，2021），因为金融机构通过贷款和投资也导致了生物多样性丧失（如图 3 中的“双重重要性”箭头所示，这一概念将在第 6.3 章进一步讨论）。

3.2 评估生物多样性-经济-金融之间关系的挑战

上文图 3 表明，在评估与生物多样性相关的金融风险前，需要对影响宏观经济和微观经济结构的物理及转型风险源及其复杂的相互作用进行评估。在评估生物多样性与金融稳定性的关系之前，首先应评估生物多样性与经济之间的联系。Johnson 等人在 2021 年提出的“全球地球经济模型”，旨在评估特定生态系统服务，例如，野生授粉昆虫、海洋渔业、热带森林木材供应崩溃对全球经济的影响。作者发现，它们对全球经济的影响可能是巨大的，对于低收入经济体更是如此，即到 2030 年，这些经济体的国内生产总值可能会下降 10 个百分点。基于在巴西开展相关研究的模型结果，Calice 等人在 2021 年对生物多样性相关的物理风险进行了开创性评估：基于巴西银行业资产质量对宏观经济状况的历史敏感性，模型计算出的最终损失（Johnson 等人，2021）相当于企业不良贷款的长期累积增长 9 个百分点。

尽管取得了这些重大突破，但用于评估生物多样性和经济关系并将其货币化的方法仍存在许多不确定性（见 INSPIRE & NGFS，2021）和争议，这可能会影响后续金融风险评估的稳健性（Calice，2021）。研究确定了三个主要且相互关联的限制因素：²² (i) 生态系统过程的复杂性，包括跨越临界点的可能性；(ii) 生态系统价值评估的不可通量性和不可比性；(iii) 自然资本的有限替代性和不可替代性。

3.2.1 生态系统过程的复杂性

首先，想要了解与生物多样性相关的潜在冲击对经济产生的后果，必须先了解生态系统的功能，其主要困难是生态系统的非线性和复杂性。作为复杂的自适应系统，自然过程和包括人类在内的生物体之间存在多重相互作用，这意味着我们无法得知事件可能产生的所有结果（Kedward 等人，2020）。关于这种复杂性，一方面，与具有通用指标衡量单位二氧化碳排放的气候变化影响不同，使用单一指标来衡量生物多样性几乎是不可能的（Chevassus-au-Louis 等人，2009）。评估生物多样性需要多个指标以了解各

²² 值得注意的是，这些限制在很大程度上适用于与气候相关的金融风险（见 Bolton 等人，2020a），但涉及与生物多样性相关的金融风险时，这些限制变得更为明显（因此更应引起重视）。

种空间和生态维度，包括物种丰度、种群数量、生态系统完整性等状态。与生物多样性相关的金融风险由相互关联的威胁组成，例如，水土流失、入侵物种、地下水枯竭、物种灭绝，这些威胁是各种人为驱动因素（例如，集约农业、化学污染、森林砍伐等），从影响当地局部生态系统到全球生态系统不同层面作用的结果（Kedward 等人，2020）。

此外，生物世界的许多组成部分对于人类来说是不可见的：“绝大部分支撑生态系统服务的有机体都是不可见的，例如，1 克土壤可能包含多达 100 亿个细菌细胞。”（Dasgupta，2021，第 53 页）。和与气候相关的金融风险相比，了解与生物多样性相关的金融风险的潜在来源更为复杂（PwC & WWF，2020）。

从评估金融风险的角度来看，生物多样性丧失不仅通过线性影响导致灾难性后果，生态系统还受制于反馈回路和临界点等非线性因素。尽管人们一致认为，跨越关键生态阈值，可能导致灾难性和不可逆转的后果（Rockström 等人，2009；Steffen 等人，2015），但精确预测这些阈值仍然颇具挑战（Hillebrand 等人，2020；Lovejoy & Nobre，2018）。因此，假设即使生态系统服务丧失和保护可以被精准衡量，但仍会忽略与生物多样性相关的金融风险中的尾部风险。例如，与生物多样性丧失相关的流行病发生（IPBES，2020）。最近，与生物多样性相关的金融风险的研究（Dasgupta，2020；Chandellier & Malacain，2021）强调，在生物多样性问题上，应特别关注“绿天鹅”事件。在这种情况下，不可能基于现有风险模型进行与生物多样性相关的金融风险的预测。²³

需要注意的是，临界点的存在对于转型风险的衡量也存在间接影响。Dasgupta（2021，第 189 页）解释到，因为管理生物圈的过程存在非线性，为了应对生物多样性丧失问题，相较于庇古税和补贴，量化层面的约束更为可取，因为需要随着生态系统和退化程度的变化而变化，并充分了解生物多样性保护的边际社会效用。尽管如此，大部分经济模型只是不同程度上对价格信号做出反应，而在处理“数量”（非价格）信号方面的能力不足（见 Svartzman 等人，2021）。

3.2.2 生态系统服务价值评估过程的不可通量性和不可比性

为了评估与生物多样性相关的金融风险，需要了解经济活动对生态系统服务潜在变化的反应。但是，了解生态系统服务的贡献及其对经济活动的重要性绝非易事。这一困难的一个关键方面可以在关于生物多

²³ 可以与金融系统风险的概念相提并论，即整个金融系统崩溃的风险。2007-2008 年的全球金融危机后，巴塞尔银行监管委员会（BIS，2011）承认现有风险模型存在局限性，并呼吁采用其他方法和指标（例如，相对简单的综合金融指标-信贷与国内生产总值的比值，以及跨辖区活动和互联性等非金融指标），以更好地应对系统性风险。

多样性提供的自然资本和生态系统服务的经济评估的文献中找到。生态系统服务可以被赋予不同价值，这取决于所采用的价值定义、价值评估的目的、方法学，以及开展价值评估的个人或团队。²⁴

因此，生物多样性变化与生态系统服务变化之间的关系尚不清楚。环境经济学在实践中多用于评估生物多样性的经济价值，但基于生态系统服务货币化的政策机制通常会导致不同生态系统服务之间的权衡取舍（Muradian & Rival, 2012），例如，评估森林的固碳价值，却忽略了养分循环或生物多样性保护等其它基本功能。²⁵

在评估“总经济价值”的框架（Pearce & Moran, 1994）中，将生态系统服务货币化的一般经济过程（如这些服务的变化），通常对应于对自然的功利价值评估，即仅当它对个人或公司等经济主体具有明显效用时，它才具有价值。

越来越多的文献（IPBES, 2019; Maitre d' Hôtel & Pelegrin, 2012; Roche 等人, 2016）告诉我们，可以通过许多不同维度来描述和评估自然，这取决于是否涉及环境科学（包括生态、物种、基因）、社会和人文科学、跨学科的环境科学（例如，非人类和自然遗产价值）、知识体系（例如，帕查玛玛等表示不同的人类-非人类关系的概念），或标准经济学理论（例如，自然资本），这些多元的评估观点越来越受到环境公共政策所认可（例如，欧盟委员会, 2011; 法国生态部, 2019²⁶）。

生物多样性由具有不可比拟价值的多个生态系统和关系组成（Kolinjivadiji 等人, 2017; Kosoy 等人, 2012; Svartzman 等人, 2019）。在这种情况下，为获得生态系统的“真实”或“基本”价值，可能会导致强加某些方式来评估自然的某些方面，这些方式可为某些群体服务，但却不利于部分世界上最贫困的人。在某些情况下，生态系统服务付费（PES）等激励机制被认为是忽略或排挤了土地所有者“支持保护”的态度（Vatn, 2010）；以基于市场的工具通常无法有效引导私人融资参与保护类活动（Suttor-Sorel & Hercelin, 2020）。²⁷

但这并不意味不应该使用货币价值来衡量生物多样性丧失，而是应将此类价值评估用于作为一种现有通用且被认可的手段来提高行动意识（Laurans, 2013），评估过程本身与评估结果同样重要（Hérivaux &

²⁴ 实际上，从“剑桥资本争论”可以看出，此处讨论的一些挑战同样适用于制造资本的计量：一些后凯恩斯主义经济学家认为，新古典经济理论在将异质形式的资本的净现值汇总到单一的制造资本中时，受循环逻辑的影响（例如，见 Cohen & Harcourt, 2003; Spash & Hache, 2021）。就本研究而言，在评估自然资本时，应特别考虑这些因素。

²⁵ 此外，许多科学研究在林业和农业领域，将生物多样性、碳储量、恢复力（特别是在干旱情况下）之间建立了直接关系（例如，Tilman 等人, 1996）。

²⁶ 例如，法国生态系统和生态系统服务评估建立的概念性框架（EFESE，法国生态转型部, 2019）相当于法国的千年生态系统评估，其中确定了三类不可通量的价值，用以说明生物多样性和相关生态系统服务的价值：（i）效用价值，即生态系统可持续地提供生态产品和服务的能力；（ii）遗产价值，即那些显著的生态系统要素的受保护状态；以及（iii）生态价值，即生态系统在面对干扰的抵抗力和恢复能力。

²⁷ 例如，通过市场主导的方法对保护区进行价值评估，很可能导致居住在这些区域的土著民族被迫流离失所，因为他们对总产出的贡献是有限的，并且由于收入的限制，以货币衡量他们愿意为留在当地的“支付意愿”也并非完全客观。

Gauthey, 2018)。例如：“不作为成本”，即因缺乏保护自然、减缓自然环境恶化或修复大自然的政
治、个人和集体行动而导致的经济损失 (Braat & ten Brink, 2008; Chevassus-au-Louis 等人, 2009;
Heal, 2005)，这种价值衡量可以从微观或宏观经济层面，为决策者提供相关的货币指标 (Levrel 等人,
2021, 2014)。在此方面，最近的一项研究 (Diagne 等人, 2021) 发现，从 1970 至 2017 年，平均每
年因外来入侵物种造成的损失超过 250 亿美元，并且呈逐年上升趋势，这些损失包括农业损失、旅游收
入下降，以及因住院而产生的医疗费用等。

3.2.3 自然资本的有限替代性与强可持续性方法

与生物多样性和经济关联评估相关的第三个挑战涉及生物多样性和生态系统服务的可替代性水平。大部
分生物多样性-经济与气候-经济模型没有考虑自然资本的不可替代性，属于通常所说的“弱可持续性”
方法 (Daly & Farley, 2011; Dietz & Neumayer, 2007)：关键点在于，自然资本的损失只有在威胁到
物质资本和人力资本时，才会引起重视。

如不考虑上文讨论的其它限制，当以“弱可持续性”范式来评估时，生态系统服务的货币价值量评估结
果容易出现偏差。例如，人们发现每年授粉对英国农业生产的贡献为 5.1-6.9 亿英镑 (Breeze 等人, 2012,
引自 Dasgupta, 2021)，相当于 2019 年英国 GDP 的 0.03%，因此“弱可持续性”方法会认为失去所
有授粉者也只会造成非常小的经济损失。在这种情况下，正如 Dasgupta (2021, 第 324 页) 所示：“为
什么要关心是否还有授粉者的存在呢？”同样，宏观经济评估表明，如果在 2050 年之前不对生物多样
性丧失采取行动，其结果也只是 GDP 下降几个百分点，所以金融监管机构可能将其解释为生物多样性
丧失根本代表不了任何风险。²⁸

相比之下，“强可持续性方法” (Daly 和 Farley, 2011; Dietz 和 Neumayer, 2007) 认为，现有自
然资本的存量不能或仅有部分能被新制造的资本或人力资本的增加而抵消。换言之，在一个生物多样性
或气候变化正在崩塌的世界，收入的增长无法弥补，或仅非常有限地弥补，自然资本和生态系统服务的
枯竭：“如果生物圈被破坏，生命将不复存在” (Dasgupta, 2021, 第 47 页)。以上述授粉为例，“即
使授粉者的可度量服务价值对于 GDP 的贡献微乎其微，但是它们同样可能具有巨大价值” (Dasgupta,
2021, 第 324 页)。此外，自然资本在特定维度内的可替代性问题也仍待解决。例如，同一物种的两个
样本是否可以互相替代，以及在哪方面可替代。

近年来，很多倡议相继颁布以说明自然资本的独特价值。包容性财富 (Inclusive Wealth) 的概念 (UNEP,
2018) 将生产性资本、人力资本和自然资本相加，在一定程度上解释了有限的可替代性，因为它允许将
非市场价值分配给自然资本，而这些自然资本的价值太高，以至于在实践中，它们能够“在关键形式的

²⁸ 如果对气候变化的经济成本进行多次评估，可能会得出类似的结论 (见 Keen, 2020)。

自然资本和生产资本之间，或任何其他形式的资本之间，几乎没有替代的可能性”（Dasgupta，2021，第 330 页）。其它核算框架甚至更明确地解释了自然资本的不可替代性。例如，在公司层面开发的模型（见 Féger & Mermet，2020；WWF，2019）—— CARE-TDL 模型（Rambaud & Richard，2015）认为自然资本应该因其自身的价值而被维护。因此，货币化的价值评估是通过计算自然资本的维护成本，即企业为维护或恢复其所依赖的生态系统服务所需的成本而进行的。尽管如此，这些核算框架仍处于发展早期，且尚未能够解决金融稳定性问题（Rambaud & Chenet，2020）。对于金融体系而言，有限替代性意味着什么？这个问题尚无定论。

生态系统的复杂性、生态系统价值评估的不可通量性和不可比性、自然资本的有限替代性这三个限制表明，解决与生物多样性相关的金融风险所需要的远不止找到“正确的”生物多样性-经济模型或弥合具体的数据缺口。根据一些人的说法（Kedward 等人，2020），与生物多样性相关的金融风险最好通过深度或根本不确定性的概念来理解。²⁹

应对生物多样性丧失需要进行深远的或“变革性转变”（IPBES，2019）。解决生物多样性丧失可能需要越来越多地依赖 GDP 的替代性指标（Dasgupta，2021）以及建立特定财产制度来管理公共资源（Ostrom，2009），重新审视贸易专业化或重新思考金融和投资在资源有限的地球上的作用（见附录 1.B）。

深入探讨这些问题已远超出本研究的范畴，但忽视这些问题很容易忽略生态和社会经济转型的主要来源，进而转变为金融风险。

3.3 本研究的方法——特定方法评估物理风险和转型风险

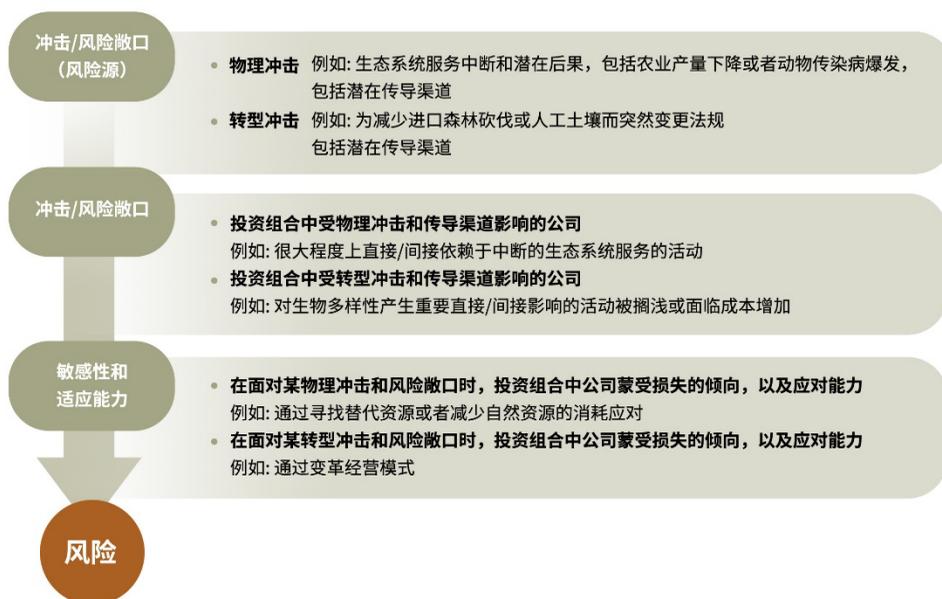
在此背景下，合乎逻辑的研究方式是进行情景分析³⁰，正如与气候相关的金融风险分析一样（NGFS，2019，2020）。与金融风险管理的概率性研究方法不同，情景分析旨在通过开发前瞻性的风险评估，试图提出合理的未来假设，并且此类风险评估不需要依靠后验的经济和金融数据获得信息。出于金融监管目的，情景分析可用于评估特定机构和整个金融系统对特定冲击的脆弱性，例如，监管机构为评估银行机构在不利宏观金融情景下的韧性而进行的压力测试（Borio 等人，2014）。

²⁹ 这意味着因当前生物多样性相关趋势产生的经济和金融结果不适用于概率测量（Keynes，1936；Knight，1921）。

³⁰ 可以采用其它方法，例如，预防性金融政策框架（Chenet 等人，2021）。尽管从决策角度来看，该方法可能是相关的（见 Svartzman 等人的讨论，2021），但是因为本研究的目标仅仅是了解与生物多样性相关的金融风险研究能取得多大进展，所以在本研究中没有采用这种方法。

本研究从金融和环境领域的文献可知，要对自然相关风险进行前瞻性评估，以下三个要素是必不可少的（见图 4）：（i）可能转化为金融风险的危险或冲击相关的情景；（ii）金融机构或其投资组合中的公司对这些危险/冲击的敞口度量；（iii）衡量金融机构脆弱性的工具，即其面对冲击和敞口的敏感性和适应能力，这也包括投资组合中的公司。

图 4 评估与生物多样性相关的金融风险的三个步骤



鉴于缺乏适用于金融系统的生物多样性相关情景标准（即，潜在冲击/危险的属性尚不清晰，图中第 1 步），以及缺乏评估经济/金融主体脆弱性的工具（投资组合中公司的敏感性和适应能力，第 3 步），本研究侧重于：（i）对于理论冲击点敞口的度量，假设金融机构对生态系统服务的依赖程度越高和对生物多样性的影响越大时，则金融机构分别对物理风险和转型风险的敞口也越大（第 4 和 5 章）；以及（ii）提出未来研究建议，以便更好地预测与生物多样性相关的潜在危险、其向金融体系的传导机制，以及评估金融机构在此类情景下脆弱性的工具（第 6 章）。

要全面地进行与生物多样性相关的情景分析，仍面临诸多挑战。

- 首先（图 4 中的步骤 1），我们需要对可能发生的危险或冲击的类型有一个清晰的概念，但目前这些仍不明确，尚未针对中央银行和金融监管机构设计特定情景。与气候相关的金融风险不同，最近已开发出与气候相关的情景（NGFS，2020）。因此，目前仍然较难系统化地预测物理风险和转型风险的来源。此外，与生物多样性相关的衡量标准亦具有多样性，很难如气候风险一样将其转化为单一的货币指标（如统一的碳价）。目前，还未能确定全球生物多样性丧失对 GDP 的影响程度，或者旨在保护生物多样性的措施如何通过定价机制影响若干经济部门，这让情景描述变得极其困难。

- 第二（图 4 中的步骤 2），一旦定义了危险或冲击的情景，就可以尝试评估主体，这包括个人、企业、金融从业者或主权国家等，对该转型或物理冲击的风险敞口。风险敞口是指可能处于受危害不利影响的环境和情景，例如，在面对涉及保护区面积扩大等政策冲击时，某企业的风险敞口在于它是否有位于新增保护区中的生产设施或供应商。但是，如果对危险没有足够的了解，那么特定主体的风险敞口评估仍然是个难题，并且可能需要一些非常具体且本地化的数据。
- 第三（图 4 中的步骤 3），如果想要了解某个危险或风险敞口中存在的风险，需要评估面对冲击时的脆弱性及其他方面，因为风险敞口并不会自动转化为风险。一旦暴露于风险，则必须评估主体对冲击的敏感性，即一旦暴露，遭受损失或受冲击影响的倾向，以及他们应对此类影响或损失的能力，也称之为适应能力。如果企业的大部分生产设施位于未来新增的保护区内，那么该企业就更容易受到影响，导致公司损失一部分营业额和实物资产；如果其生产设施，如建筑物、设备，能够较为容易地移出保护区，或者进行经营转型并转向对生物多样性危害较小的行业，则该企业就有可能适应这种冲击并减少损失。如第 6.3 章所述，用以评估公司或其它主体适应或符合特定情景能力的评估方法尚处于初级阶段。因此，为与生物多样性相关的金融风险评估带来了另一个问题。

鉴于目前没有普遍认可的与生物多样性相关的情景和方法以衡量单个主体的脆弱性，本研究的后续研究将做如下安排：

- 为了评估物理风险，本研究基于 van Toor 等人（2020）使用的 ENCORE 方法（NCFA，2021），通过评估法国金融机构投融资经济活动对各种生态系统服务的依赖性，以了解其面对物理冲击时的直接风险敞口。本研究的逻辑是，在缺乏物理冲击有关标准情景下，可以假设高度依赖生态系统服务的企业更有可能直接受到物理冲击的影响，即依赖性越强，对物理风险的敞口就越大。
- 为了评估转型风险，本研究也根据 van Toor 等人（2020）使用的方法，评估了法国金融机构投融资经济活动对生物多样性的整体影响，即其投资组合的“生物多样性足迹”。本研究使用了生物多样性影响分析-全球生物多样性评分（BIA-GBS）方法，该方法基于荷兰中央银行（DNB）使用的全球生物多样性评估（GLOBIO）模型（van Toor 等人，2020）。³¹本研究的逻辑是，在缺乏转型冲击有关标准情景下，可以假设对生物多样性造成重大不利影响的公司相较于对生物多样性影响较低的公司，更有可能受到生物多样性转型冲击的影响。正如荷兰中央银行报告所述，“金融机构的生物多样性足迹可以作为转型风险增加的衡量指标”（van Toor 等人，2020，第 21 页）。
- 第 6 章中提出进一步开展物理风险和转型风险评估等方面的研究建议。这些研究建议可以进一步推进第 4、5 章讨论的有关评估的内容，同时也全面考虑了第 3 章中强调的各种挑战。这三项建议包括：
 - (i) 开发与生物多样性相关的情景；
 - (ii) 使用特别方法来解释跨部门的生物多样性相关冲击的潜在连锁效应（由于它们具有有限或不可替代性），以及其在整个金融系统中的潜在传导效应；以及
 - (iii) 基于双重重要性的角度，构建与生物多样性相关目标具有一致性的方法论。

³¹ 一些金融监管机构针对与气候相关的金融风险开发了类似方法。例如，法国审慎监管管理局（ACPR，2017）根据对气候变化影响最为显著的行业，对其可能面临的转型风险进行评估。本研究的方法具有类似性，但值得注意的是，它考虑了所有经济行业的生物多样性影响（不仅仅只是那些造成生物多样性丧失的主要行业），所以得到的是一个综合情况，并且它考虑了范围 1、2、3。

4 评估法国金融机构对生物多样性的依赖性和影响的方法

本章将说明用以评估法国金融机构所持的证券（下文简称为法国金融机构的“投资组合”）对生态系统服务的依赖性，以及对生物多样性的影响的方法。鉴于第 3 章探讨的衡量与生物多样性相关的金融风险过程中存在的挑战，本研究与 van Toor 等人（2020）都认为，依赖性可以用来评估金融体系的物理风险敞口；而影响程度可以用来评估转型风险敞口。但是，本研究认为，将本章所述方法和第 5 章所示结果转化为实际的金融风险评估还需要付出更多努力。

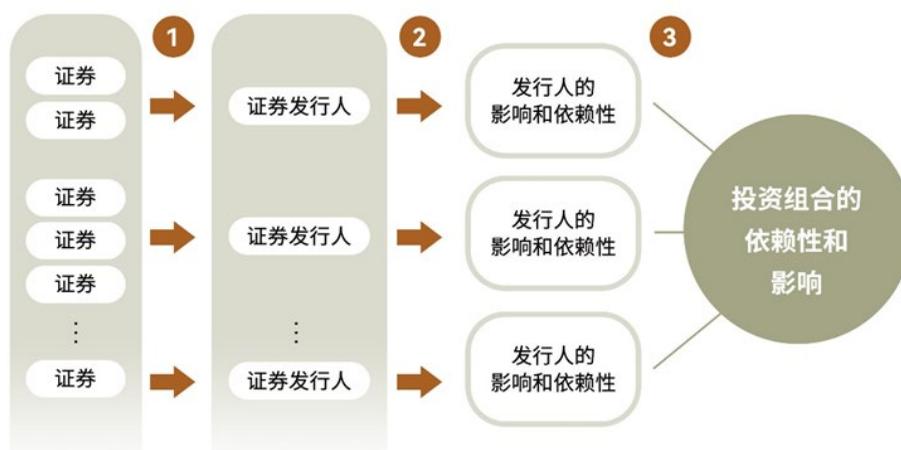
评估法国金融机构对生态系统服务的依赖性和对生物多样性的影响的方法主要包括三个步骤（见图 5）：

第 1 步：将证券与其发行人关联起来。首先将法国金融机构（“证券持有人”）所持的证券与证券发行公司（“证券发行人”）关联起来。

第 2 步：评估每个证券发行人的依赖性和影响。本研究用“依赖性评分”的方法评估每个发行人³²对生态系统服务的依赖性及其生物多样性足迹，即以每平方公里平均物种丰度作为衡量指标。

第 3 步：将证券发行人的依赖性和影响分配至投资组合中。本研究把法国金融机构所持证券中每位发行人的证券金额和发行人的依赖性评分及其生物多样性足迹分别予以加和，以获得法国金融机构全部证券投资组合的依赖性评分和生物多样性足迹。

图 5 评估法国金融体系的依赖性和影响（投资组合）



在实践中，我们可以对这三个步骤中的每一个步骤使用不同的数据并做出不同的假设。本研究展示了两种不同的方法。下文会介绍方法“生物多样性影响分析方法-全球生物多样性评分”（BIA-GBS）以及应用该方法获得的结果。BIA-GBS 方法由 CDC Biodiversité和 Carbon4 Finance (C4F) 联合开发，

³² 值得注意的是，尽管本研究在公司层面构建每个依赖性评分和生物多样性足迹，但基础评分/足迹是在行业和区域（范围 1 的依赖性除外）层面给出的。有关更多详细信息，请见下文。

并且借鉴了 CDC Biodiversité开发的全球生物多样性评分（GBS）。此外，本研究在附录 2.A 中也提出了替代分析方法。

4.1 将证券与其发行人关联起来（第一步）

证券数据。法国金融机构所持的证券数据来自按行业划分的证券持有统计（SHS-S）数据库。³³本研究将样本限制在 2019 年底法国和国外非金融公司发行的（2010 年欧洲账户体系行业 S11）并由法国金融机构（2010 年欧洲账户体系行业 S12）所持的三类证券（上市股票、短期债券、长期债券）。当时，法国金融机构持有由 15,546 家法国和国外非金融公司发行的 1.11 万亿欧元证券。本研究将发行人样本³⁴控制在所持证券总价值 95% 的 1,443 家发行公司，该样本在下文称为法国金融机构的“投资组合”。这些数据提供了一份证券清单，包括其 ISIN（国际证券识别码）、发行公司的特征以及法国金融机构按机构类型所持证券总价值。

将证券与其发行人关联起来。BIA-GBS 方法使用内部 C4F 参考数据库，将每种证券的 ISIN 与证券发行人关联起来。本研究采用 BIA-GBS 方法，测算了“投资组合”样本中 94.7% 的市值，相当于法国金融机构所持股票和债券总市值的 90%。

4.2 评估证券发行人的依赖性和影响（第二步）

第二步是评估每个证券发行公司的依赖性评分和生物多样性足迹。

了解公司营业额产生的行业 and 地区。每个发行人的依赖性评分和生物多样性足迹取决于它们开展生产活动所在的行业 and 地区，其中地区依赖性仅评估“上游依赖性”³⁵。因此，首先必须将每个发行人的营业额按照行业 and 地区进行分解。在 BIA-GBS 数据库中，它是使用 C4F 的气候风险影响甄别（CRIS）数据库完成分解的（关于替代方法，见附录 2.A 第 2 步）。自 2017 年开始，C4F 就已开发了专有数据库，用以评估气候物理风险，并按照行业 and 地理位置，分解每家公司的营业额。如果某公司活动涉及多个行业 and 多个国家，则首先会针对每个国家的每个潜在业务行业（建立行业-国家组合）进行足迹和依赖性分

³³ 每个季度，欧元体系国家中央银行（以及其它一些欧洲中央银行系统的中央银行在自愿的基础上）会收集所有金融机构的数据，覆盖率将近 100%，其中包括四类证券：上市股票、短期债券、长期债券、投资基金股票。

³⁴ 本研究进行样本量控制是因为如果超出 95% 这一投资组合样本量，每家公司行业配置覆盖率并不理想。

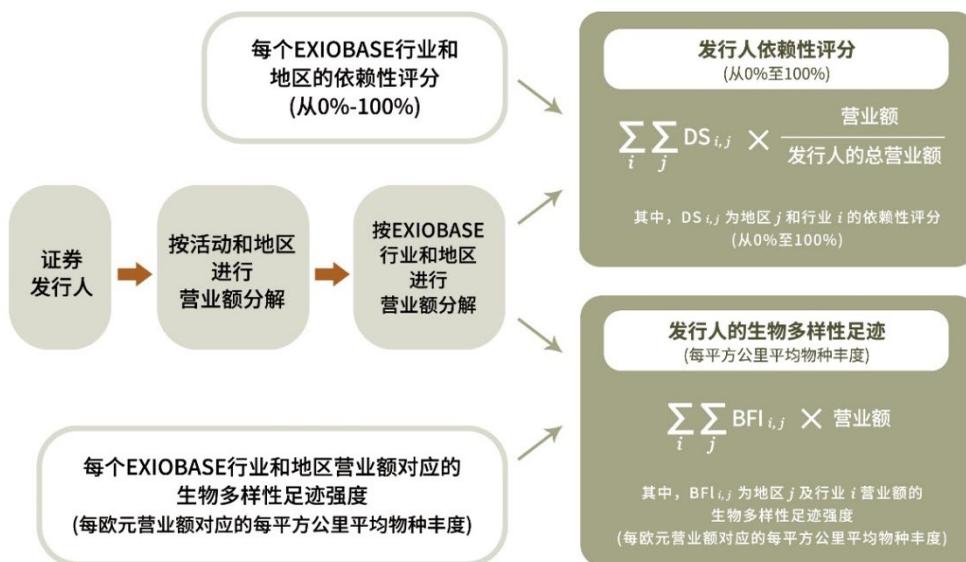
³⁵ 因为各地区供应商的经济行业存在差异。但是，本研究使用的方法，在全球范围每种经济活动对生态系统服务的范围—依赖性都是相同的。

析，然后汇总分析，得到公司数据（见下文）。这些行业-国家组合是根据外部金融数据和公司数据建立起来的，并且利用了 C4F 的专业技能进行再处理，将公司的行业映射至它们的内部行业分类中。

将行业和地区转换为 EXIOBASE3 格式。通过全球生物多样性评分（GBS），将用于计算依赖性评分（ENCORE）和生物多样性足迹（GLOBIO）的工具整合至一个名为 EXIOBASE 的表格中（见下文）。EXIOBASE3（Stadler 等人，2018）是一个开放访问的环境多区域扩展的投入产出表（EE-MRIO），它涵盖 163 个行业，包括农业和矿业的详细分解，并且包含所有欧洲国家在内的世界 49 个地区的详细分解数据。作为一个多区域投入产出模型（MRIO），它提供了每个地区及行业的产出价值、产出使用的中间消费类型（价值），以及每个地区每个生产行业的价值链信息。C4F 已经在其 CRIS 数据库和 EXIOBASE3 分类之间建立了一个对应表。因此，BIA-GBS 数据库将 CRIS 生产活动和地区转化为 EXIOBASE3 格式，这样就可以在全球生物多样性评分模型中，插入按行业和地区划分的每家公司的营业额（关于替代方法，见附录 2.A 第 3 步）。

一旦了解公司营业额的来源行业和地区，本研究就可以为发行人分配该行业-地区组合的平均依赖性评分和生物多样性足迹强度（每欧元营业额）（关于该步骤的更多信息，见图 6 和附录 2.B）。

图 6 评估某证券发行人对生态系统服务的依赖性和生物多样性足迹



4.2.1 计算发行人的依赖性评分

本章介绍如何获取每个发行人的依赖性评分。通过关联 ENCORE 数据库（图 7），本研究计算了每个 EXIOBASE 行业和地区的直接（范围 1）依赖性评分。除此之外，我们还计算了所有行业的上游依赖性评分，具体见附录 2.C。

图 7 评估每个行业-地区组合对某生态系统服务的范围 1 依赖性评分



ENCORE 数据库。 ENCORE（探索自然资本机会、风险和敞口）数据库由自然资本金融联盟与联合国环境规划署世界保护监测中心（UNEP-WCMC）共同开发（见自然资本金融联盟，2021）。ENCORE 评估了 86 类生产过程与涉及 8 种自然资产的 21 种生态系统服务之间的依赖性³⁶。根据通用国际生态系统服务分类（CICES）对这 21 种生态系统服务进行分类（见表 1）：ENCORE 认为其中 17 种生态系统服务属于调节服务（16 种生物性服务和 1 种非生物性服务）；其余 4 种生态系统服务包括 2 种生物性供给服务和 2 种非生物性供给服务（与地表水和地下水相关）。ENCORE 不涵盖文化服务以及更为抽象的生态系统或生物多样性相关的关系。

³⁶ 自然资产指提供生态系统服务的生物物理结构。

表 1 ENCORE 涵盖的生态系统服务

生态系统服务	生态系统服务类型
地下水	供给
地表水	供给
遗传物质	供给
纤维和其它材料	供给
动物性能源	供给
质量稳定和侵蚀防治	调节和维持
气候调节	调节和维持
防洪和风暴防护	调节和维持
过滤	调节和维持
大气和生态系统价值耗减	调节和维持
水流维护	调节和维持
水质	调节和维持
土质	调节和维持
害虫防治	调节和维持
疾病控制	调节和维持
通风	调节和维持
质量流的缓冲和衰减	调节和维持
生物修复	调节和维持
维护育苗栖息地	调节和维持
缓解感官冲击	调节和维持
授粉	调节和维持

来源：作者，基于自然资本金融联盟（2021）

为了衡量每个生产过程对生态系统服务的直接依赖性，ENCORE 赋予其依赖性（或物质性）评分。从非常低至非常高之间共分为五种依赖性评分。³⁷ENCORE 中，每个生产过程的依赖性衡量了两个因素，即如果生态系统服务消失，生产过程受到影响的程度，以及一旦发生预计产生的经济损失。在此研究中，ENCORE 没有将依赖性进行地区化，假定不同地区的同一生产过程对生态系统服务的依赖性相同。

³⁷ 例如，生产过程“大规模灌溉耕作作物”功能取决于具有高依赖性的“水流维护”服务（除其他外）。

将生态系统服务与经济行业相关联。当某商业活动(或行业)使用的生产过程依赖于某生态系统服务时,我们称该活动依赖于此服务。ENCORE 最初根据全球行业分类标准(GICS),将生产过程分配至不同商业活动(行业)。为了评估企业对生态系统服务的依赖性,BIA-GBS 方法使用了上述 EXIOBASE3 的行业命名法³⁸。GBS 使用将 163 个 EXIOBASE3 行业与 86 个 ENCORE 生产过程相关联的对照表,给所有 EXIOBASE3 行业赋予了一组依赖性评分,给 ENCORE 列出的 21 项生态系统服务逐项赋予依赖性评分。具体做法是从非常低至非常高的依赖性转换为从 20%至 100%的百分数,然后再进行汇总。为了给每个行业分配一个特有的对某生态系统服务的依赖性评分,当某行业依赖于多个生产过程,并且依赖性各不相同,则取这些评分的简单平均值³⁹:

$$DS_s^e = \sum_{k=1}^n \frac{L_k^e}{n}$$

其中, DS_s^e 为行业 s 对生态系统服务 e 的(范围 1)依赖性评分,行业 s 涉及 n 个生产过程 k, L_k^e 指生产过程 k 对生态系统 e 的依赖性。

除这些范围 1 的依赖性评分之外,本研究还计算了所有行业的上游依赖性评分,详见附录 2.C。值得注意的是,在计算上游依赖性时,假设总间接生物多样性的影响为整个价值链中各行业生物多样性影响的加权平均值。也可以采用其他汇总方法,例如,使用供应链中观察到的最小或最大生物多样性影响。

4.2.2 计算发行人的生物多样性足迹

本研究采用 BIA-GBS 计算方法,对每个(EXIOBASE)行业和地区营业额的生物多样性足迹强度进行计算。如上文所述,然后按照行业-地区汇总这些足迹⁴⁰,得到法国金融机构所持证券中,各发行公司的生物多样性足迹(即对“投资组合”中的所有公司进行评估)。

生物多样性足迹以每平方公里的平均物种丰度表示(见附录 2.D)。平均物种丰度(MSA)是指原始物种相对于其在未受干扰生态系统中的平均丰度,在本研究中可以理解为未受人类活动干扰的原始状态。X 平方公里平均物种丰度(x MSA.km²)的丧失相当于将 x 平方公里(x km²)未受干扰的生态系统(平均物种丰度为 100%)完全人工化(平均物种丰度为 0%)。每平方公里的平均物种丰度丧失可以采用静

³⁸ 荷兰中央银行 DNB (2020) 也使用 ENCORE 记录了生物多样性丧失对荷兰金融部门潜在影响的初步映射图。为了将 ENCORE 与金融数据相关联, DNB 将全球行业分类标准(GICS)中的行业根据欧洲行业标准分类系统(NACE)修订版 2 命名法(而不是文中案例提到的 EXIOBASE),重新进行分类。

³⁹ 每个生产过程具有不同的依赖性评分,将它们汇总为一个行业依赖性评分时必然会导致信息丢失。通过使用该流程的最高依赖性评分(以计算最坏的情况),也可以使用最小依赖性评分(以采用相对保守的方法)减少这种误差。本研究使用的均值法误差较大,但在后续研究中,会使用替代方法进行稳健性检验。

⁴⁰ 需要注意的是,对于气候变化,BIA-GBS 方法使用重新计算的每个发行人的温室气体排放量。该温室气体排放量来自 C4F 开发的内部数据库,碳影响分析(CIA)数据库,它并没有使用来自公司经营行业-地区的 EXIOBASE 均值。

态或动态形式表示。静态足迹包括所有长时间存在的“持续效应”（或产生影响的存量），而动态足迹包括在评估期间（如一年内），生物多样性的变化（或流动），如新的生物多样性损失、修复或保护。

全球生物多样性评分®（GBS，见附录 2）。通过 CDC Biodiversité 开发的全球生物多样性评分®（GBS），得到每个行业-地区匹配的生物多样性足迹强度（每欧元营业额对应的每平方公里平均物种丰度表示）（见图 8）。GBS 足迹评估主要包括两个步骤（基于 Wilting & von Oorshot，2017）：

(1) 从行业-地区组合到对生物多样性的压力。GBS 首先评估经济活动对生物多样性产生的压力。评估过程是：(i) 使用 EXIOBASE3 全球多区域环境扩展的投入产出表，将按行业和地区划分的营业额数据转化为物资投入（商品、产品和水的使用）和污染物排放；(ii) 使用 CDC Biodiversité 开发的内部工具，将一些物资投入转化为对陆生和淡水水生生物多样性造成的各种压力⁴¹（见附录 2.D）。

(2) 从压力到生物多样性影响。GBS 使用荷兰环境评估署 (PBL) 开发的全球生物多样性评估 (GLOBIO) 模型 (Shipper 等人，2009; Shipper 等人，2016) 中提供的影响因素，将这些压力转化为对生物多样性的影响，以每平方公里的平均物种丰度表示。⁴²IPBES (2019) 确定了对于生物多样性的五大压力：土地和海洋利用变化、对生物资源的直接开发、气候变化、污染和外来入侵物种。不管是针对陆生生物多样性还是水生生物多样性，GBS 在一定程度上都涵盖了这些压力。但是，没有纳入外来入侵物种、破坏生态平衡的狩猎和捕鱼、塑料等其它污染源压力，以及更普遍的海洋生物多样性压力（见附录 2.D 表格中的综合概述）。

生物多样性影响分析方法-全球生物多样性评分 (BIA-GBS) 方法与全球生物多样性评分 (GBS)。对于气候变化压力，BIA-GBS 方法没有使用公司经营所属行业-地区营业额对应的平均温室气体 (GHG) 排放量（通过 EXIOBASE 获得），而是使用重新计算的每个发行人的温室气体排放量，该数据来自 Carbon4Finance 开发的碳影响分析 (CIA) 的内部数据库，因此可以得到更为精确的每家公司的生物多样性足迹。CIA 数据库提供了范围 1、2、3 的温室气体排放量。它采用一种自下而上的方法，收集实际产出数据（公司在其年报、金融或环境报告中公布的数据），并将其转化为二氧化碳吨数。

⁴¹ 一些压力数据是直接来自 EXIOBASE3 中获得，没有使用任何内部工具。

⁴² 注意：在不同步骤中，评估者可以使用最合适的可用数据，尽可能精确地进行影响评估。如果可用数据只有金融数据，则评估可以从第 (1) 步开始，如果可以获得有关物资投入、水使用或排放方面的数据，则从第 (2) 步开始，或者如果已知一些压力（地表和土地使用类型、碳足迹），则从第 (3) 步开始。BIA-GBS 方法是从第 (1) 步开始，但气候变化除外（因为可以通过 CIA 数据库获得每家公司的碳足迹）。

图 8 评估每个行业-地区营业额的生物多样性足迹强度



注意: BIA 没有使用该公司所在行业/地区的平均温室气体排放量, 而是增加了每个公司的温室气体排放量 (来自 CIA 数据库)

计算各行业的上游生物多样性影响。通过 EXIOBASE 地区化投入-产出表, 获得经典的里昂惕夫逆矩阵 (或者“技术系数矩阵”), 然后沿行业的上游价值链, 使用该矩阵计算行业的生物多样性影响。行业-地区的范围 1 生物多样性足迹强度在直接足迹矩阵 D^{BFI} 中汇编, 并且选取了其中 49 行所示地区和 163 列所示行业。研究使用总需求系数矩阵 (里昂惕夫逆矩阵, L^{-1}), 计算“总上游生物多样性足迹强度”的矩阵 U^{BFI} :

$$U^{BFI} = D^{BFI} \times (L^{-1} - I)$$

使用 CIA 温室气体排放数据库, 能够直接获取气候变化压力对范围 3 造成的影响。

4.3 将证券发行人的风险敞口分配至投资组合中 (第三步)

将公司的依赖性评分分配至投资组合中。本研究根据不同证券发行人在投资组合中占有的份额, 即按照所持证券的市值, 对不同证券发行人对于某生态系统服务的依赖性评分进行加权平均, 计算出投资组合对于某生态系统服务的依赖性评分。如果 i 代表投资组合 p 中的证券发行公司, DS_i^e 为发行人 i 对于生态系统服务 e 的范围 1 依赖性评分 (或者可以使用 U_i^e , 发行人 i 对于生态系统服务 e 的上游依赖性评分), $amount\ securities_i^p$ 为 i 发行的并且投资组合 p 持有的证券市值。投资组合的生物多样性足迹, DS_p^e , 可以表示为:

$$DS_p^e = \sum_i DS_i^e \times \frac{证券市值_i^p}{全部证券市值_p}$$

其中, $全部证券市值_p = \sum_i 证券市值_i^p$

因此，研究得到了投资组合的 m 依赖性评分，其中每项 m 生态系统服务对应一个依赖性评分。

将公司的足迹分配至投资组合中（见图 9）。本研究仅将证券发行人的生物多样性足迹的一部分分配给证券本身。分配份额等于法国金融机构投资组合中所持的证券市值除以证券发行人的企业价值（即发行人在投资组合中企业价值的份额）。如果 i 代表投资组合 p 中的证券发行公司， BF_i 为发行人 i 的生物多样性足迹， $amount\ securities_i^p$ 为 i 发行的且投资组合 p 持有的证券市值。投资组合的生物多样性足迹 BF_p ，可以表示为：

$$BF_p = \sum_i BF_i \times \frac{\text{证券市值}_i^p}{\text{企业价值}_i}$$

在 BIA-GBS 中，企业价值来自于公司年报或外部金融数据提供方。本研究的分配原则不同于荷兰中央银行（DNB）（van Toor 等人，2020），DNB 在将部分生物多样性足迹分配至投资组合中时，使用的是企业市值，而非企业价值。本研究更倾向于使用企业价值⁴³，因为这样可以解释说明大型国有企业等非上市公司的足迹。此外，本研究认为从理论角度来看，一家公司的生物多样性足迹来自所有公司证券持有人，而不仅仅是股东，是更合理的。从这个意义上来看，本研究的方法仍有待完善，因为它没有考虑法国金融机构向非金融公司提供的贷款。因为无法获得可靠数据，所以没有将后者纳入研究，但是本研究认为应该在这方面开展进一步的工作。

图 9 计算投资组合对生态系统服务的依赖性和生物多样性足迹



⁴³ 企业价值的计算方式是将股票市值与债务和少数股东权益（在其它公司中的投资）的市场价值相加，之后从中减去现金和现金等价物总额，即可得出企业价值。

5 法国金融系统对生物多样性和生态系统服务的依赖性和影响

5.1 法国金融系统对生物多样性和生态系统服务的依赖性

基于法国金融机构（即其证券“投资组合”）对各种生态系统服务的依赖性，可以很好地了解他们面对与生物多样性相关的物理冲击潜在的直接和间接的风险敞口。

本研究考虑了生态系统的范围 1 依赖性，即直接运营的依赖性，发现法国金融机构所持 42% 的证券价值来自高度或极度依赖于一种或多种生态系统服务的发行人，9% 来自极度依赖于一种或多种生态系统服务的发行人。这些结果与之前其它金融投资组合的研究结果一致。⁴⁴ 本研究发现，投资组合主要依赖于水供给包括地表水、地下水相关的生态系统服务，以及调节和维持类生态系统服务，例如，质量稳定和侵蚀防治、防洪和风暴防护、气候调节。

基于生态系统服务的上游依赖性，本研究发现，通过价值链，所有发行人对生态系统服务至少存在轻度依赖。而考虑到范围 1 和上游依赖性，本研究发现直接或间接依赖于农业生产的发行人，例如食品和饲料生产，往往更依赖各种生态系统服务。

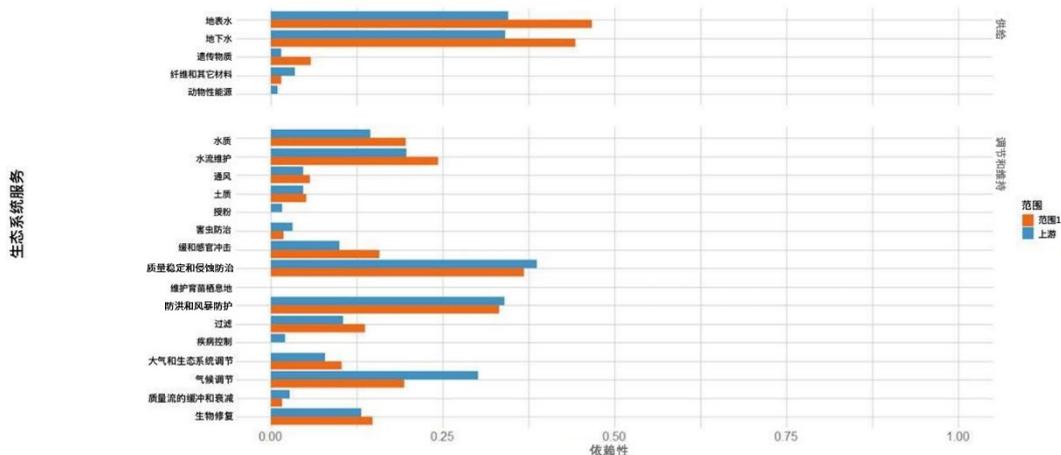
下文将介绍：（i）法国总投资组合的评分，其中汇总了所有法国金融机构投资组合的情况；（ii）按生态系统服务分解评分；（iii）按经济行业分解评分。

5.1.1 总投资组合依赖性评分

本研究发现，范围 1 依赖性评分在所考虑的生态系统服务方面有很大差异（图 10.A）。投资组合中地表水和地下水的依赖性评分最高，在 40%-50% 之间，这表明投资组合的平均依赖性为中等，这是因为许多生产过程在 ENCORE 数据库中依赖于水，特别是第一和第二产业所依赖的生产过程，而且投资组合中的很大一部分证券发行人属于第二产业。

⁴⁴ 例如，van Toor 等人（2020）发现，荷兰金融机构所持 36% 的上市股票价值高度或极度依赖于一种或多种生态系统服务。尽管使用的方法论假设不同，但是结果却有着相同的数量级。

图 10.A 法国金融机构证券投资组合的范围 1 和上游依赖性评分



本研究得出，投资组合平均依赖性评分为低或中等依赖性，并且通过不同的“方法论”原因予以解释说明。在计算发行公司所属行业的范围 1 依赖性时，研究取用了行业生产所使用的生产过程的平均依赖性（见第 4.2.1 章）。这里隐含的假设是生产过程之间可能存在替代性，而非互补性。以依赖于不同生产过程的行业为例：如果只有一个生产过程极度依赖于生态系统服务 e，剩余对 e 依赖性较低的生产过程会拉低整个行业对 e 的依赖性；同理，如果只有一个生产过程高度依赖于一个生态系统服务 e，那么对 e 依赖性较低的剩余生产过程将倾向于减轻整个行业对 e 的依赖性。因此，如果生态系统 e 崩溃，⁴⁵根据本研究的假设会得出这样的结论：对行业整体生产的影响可能是中度的。而现实中，不同生产过程之间低替代性会对行业生产会产生极大的影响。另外一种假设是将行业使用的业务流程中的最高依赖性分配给该行业，而非取平均值。⁴⁶

研究还发现，对于授粉、动物性能源、疾病控制，一些范围 1 依赖性评分是无效的。它们对这些生态系统服务缺乏直接依赖关系，主要是因为法国国内生产总值中，很大程度上依赖于这些生态系统服务的第一产业所占份额都很小，因此它们在金融机构资产负债表中所占份额也很小。此外，农业活动的资金来源一般是银行贷款，并非研究中所关注的证券。这也证明了一个事实（见第 3.2 章的讨论），即如果我们想要了解与生物多样性相关的金融风险，例如，食品供应中断对整体价值链的潜在影响，不能完全依靠直接依赖性。

⁴⁵ 现实中应注意的是，考虑到生态系统功能之间的相互联系，生物多样性的退化不太可能只会造成一种生态系统服务恶化，而其它服务不受影响的情况。

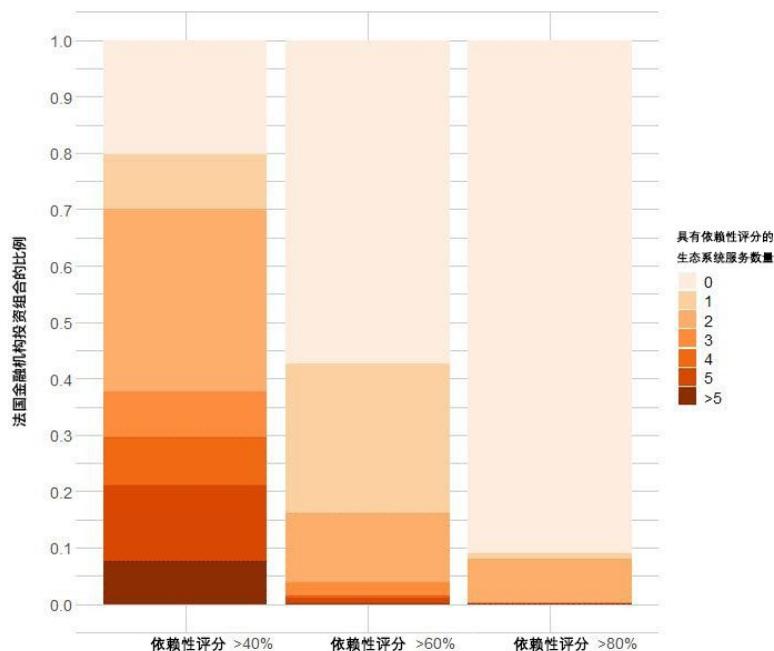
⁴⁶ 投资组合的整体平均依赖性评分非常低的另一个原因是 ENCORE 认为仅仅只有少数几个行业依赖于一些“调节和维持生态系统服务”（例如，疾病控制）。但是，有人提出不仅仅是第一和第二产业的特定活动需要这些服务，他们存在于更广泛的活动中（例如，旅游业、商业等）。

结合上游依赖性（图 10.A）能一定程度上克服范围 1 方法的一些局限性：投资组合至少轻度依赖于生态系统服务，例如，投资组合轻度依赖于授粉、动物性能源、疾病控制。三大调节和维持服务，即质量稳定和侵蚀防治、防洪和风暴防护、气候调节的上游依赖性似乎高于范围 1 的依赖性，特别是气候调节。这表明，投资组合中证券发行公司的中间供应商在很大程度上依赖于这些生态系统服务。

人们可能已经预测到上游依赖性评分会高于范围 1 依赖性评分，因为其中合并了供应商的依赖性，并且当其越接近农业、纤维、木材或采矿等第一产业时，依赖性评分很有可能更高。但是，本研究提出的上游依赖性评分方法可以缓解这些模式。上游依赖性实际上是每个行业依赖性评分的加权平均，这意味着在供应链中，某行业的高依赖性可能被其它行业的低依赖性拉低（更多内容，见附录 2.C）。

实际上，图 10.B 表明，相当一部分投资组合可能受到特定生态系统服务中断的影响。本研究发现，投资组合中 70% 的金额是由至少中度依赖（依赖性评分 >40%）于两种或以上生态系统服务的公司发行的（见图 10.B 第一个条形图）。更重要的是，投资组合中 42% 的金额是由至少高度依赖（依赖性评分 >60%）于一种或以上生态系统服务的公司发行的（第二条形图），9% 的金额极度依赖（依赖性评分 >80%）于一种或以上生态系统服务（第三个条形图）。

图 10.B 至少中度、至少高度、至少极度依赖生态系统服务的投资组合比例（通过范围 1）



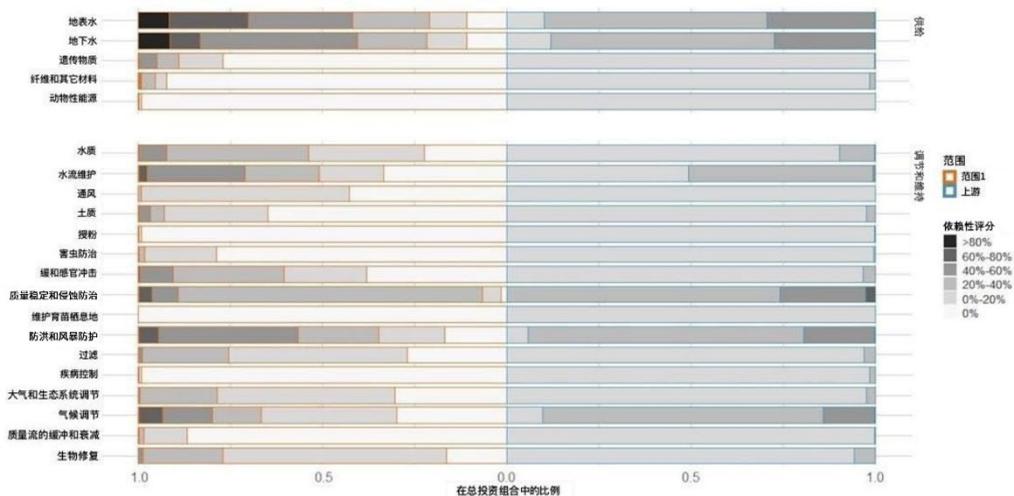
注：第一栏底部表示法国金融机构投资组合中约 8% 的证券市值是由至少中度依赖（依赖性评分 >40%）于五种以上生态系统服务的公司发行的。

5.1.2 按生态系统服务划分

目前存在的问题仍然是，几个特定生态系统服务是否可以解释说明投资组合中的高依赖性评分，或者他们是否分散在不同的生态系统服务中。从图 11 的左侧可以看出，范围 1 的极高依赖性得分 (>80%) 主要集中在两种生态系统服务中：地表水和地下水。这表明，如果这些生态系统服务受到威胁，则很有可能会导致依赖于它们的生产过程遭受严重破坏，并且还可能会增加投资组合面对冲击的高度暴露性和脆弱性。对水的高依赖性与其它研究结果一致，特别是 Delannoy (2016) 在他为法国生态部撰写的报告中总结出，水是法国经济行业中“使用”最多的生态系统服务。

从上游依赖性评分的分布情况可以看出(图 11 右侧)，通过其价值链，投资组合中所有证券发行公司均至少轻度依赖生态系统服务。但是，和范围 1 情况不同，本研究没有再观察到极高的上游依赖性得分，因为本研究的方法使用了供应链中所有供应商的依赖性评分的加权平均值(见附录 2.C)。这往往会使得上游依赖性得分更接近 50% 的平均依赖性得分，即它“弱化”了供应商的高依赖性得分，同时“强化”了他们的低依赖性得分。如上文所述，另一种方法是使用供应链中观察到的最小或最大生物多样性影响，而非取平均值。

图 11 投资组合中范围 1 (左侧) 和上游 (右侧) 依赖性评分分布，按生态系统服务划分



注：图表左侧顶部的橙色方框表示投资组合中约 5% 的证券市值是由极度依赖（依赖性评分 >80%）于生态系统服务中“地表水”的公司发行的。

5.1.3 按行业划分

投资组合中证券的依赖性评分最终是来自于这些证券的发行公司的依赖性评分，而公司的依赖性评分主要来自于其所属行业。⁴⁷因此，为了解投资组合依赖性的来源，需要观察投资组合中公司所属行业的依赖性评分。

图 12.A 是投资组合的行业分布情况，按行业编码划分⁴⁸（行业编码与名称的完整对应表见附录 2.F）。法国金融系统主要易受以下行业的影响：化学品生产（i.24.4）、邮电（i64）、医疗、精密和光学仪器、钟表制造（i33）、房地产活动（i70）、其它服务活动（i93）、饮料制造（i15.j）。以下两张热点图显示了每个行业对每种生态系统服务的依赖性评分。从范围 1 依赖性（图 12.B）中，本研究注意到从投资组合集中程度来看，在这些主要行业中，仅有饮料制造（i15.j）极度依赖于两种生态系统服务（地表水和地下水）。本研究还观察到，所有行业至少中度依赖于其中两种生态系统服务，特别是农业（i01.h 和 i01.l 是极度依赖）、采矿和采石相关行业（i13.1 至 i14.3 是极度依赖），以及食品加工相关行业（i15.c 至 i15.j 是极度依赖）。

总体而言，农业（i01.h 农作物种植和 i01.l 肉类动物饲养）、食品加工业、水收集、净化和分配（i41）、废水处理（90.5.b）依赖的生态系统服务种类更多，且依赖性更高。但是，法国金融机构对这些行业的风险敞口相对较低（图 12.A）。最后，本研究发现考虑上游依赖关系很重要⁴⁹（图 12.C），尤其是食品加工相关行业更是如此（从 i15.C 至 i15.j），其价值链平均至少对所有生态系统服务有轻度依赖。这可能是由于它们依赖农业投入，而农业投入的直接运营（范围 1）本身就非常依赖于几种生态系统服务。

值得注意的是，ENCORE 评分代表的是潜在而非实际的依赖性。因此，这些评分只能用于初步筛查提供信息，随后还要进行空间明确的、公司特定和特定背景的物理风险评估。特定依赖性是否转化为金融风险取决于多个因素，例如，哪些生态系统服务受到干扰，以及它们如何影响整个价值链中的其它行业。评估此类影响的宏观经济模型仍然处于起步阶段（例如，Johnson 等人，2021），并且没有可供金融风险评估使用的冲击情景和/或传导渠道。因此，这些问题将在第 6.1 和 6.2 章进一步探讨。

⁴⁷ 即使是上游依赖性评分也包括地区维度。事实上，他们考虑了行业的价值链，而价值链也会随生产所在地区发生变化。

⁴⁸ 该图表的构建方式是：当法国金融机构在公司 c 中持有 x 欧元的证券，并且如果公司经营涉及多个行业，我们会按照公司 c 营业额中来自行业 s 的比例，向行业 s 分配投资额。因此，图 12.A 中所有金额的总和等于法国金融机构投资组合的总金额（不存在重复计算）。为便于阅读，图表中未包括许多不存在风险敞口的行业（例如，许多农业的子行业没有纳入其中）。

⁴⁹ 读者可能已经在方法描述部分注意到，实际上每个行业都会有许多个上游依赖性评分，因为上游依赖性评分还取决于生产所在地区。确实，因为一个行业的价值链会随地区发生变化，不同地区的行业组成也会存在差异，因此价值链的依赖性评分也不相同。本图表使用加权总和，汇总了在不同地区，每个行业上游依赖性评分，其中地区 r 和行业 s 的权重分别为投资组合中的公司在地区 r 和行业 s 产生的营业额份额除以投资组合中的公司在所有行业产生的营业额。

图 12.A 投资组合中的证券，按行业划分

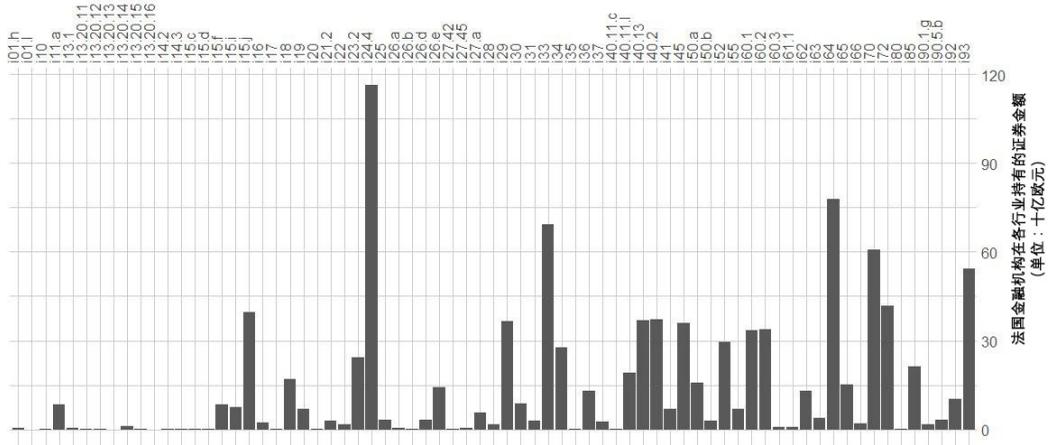


图 12.B 范围 1 的依赖性评分，按行业和生态系统服务划分

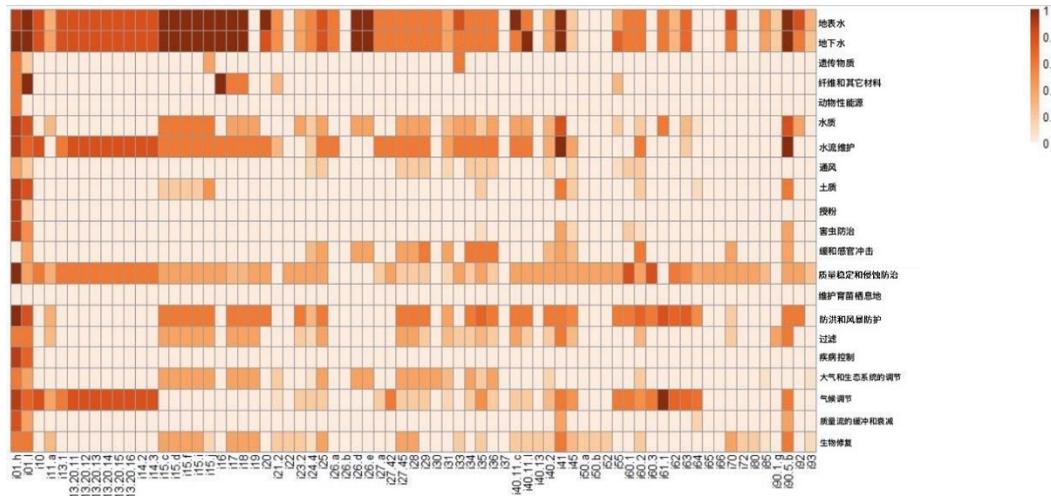
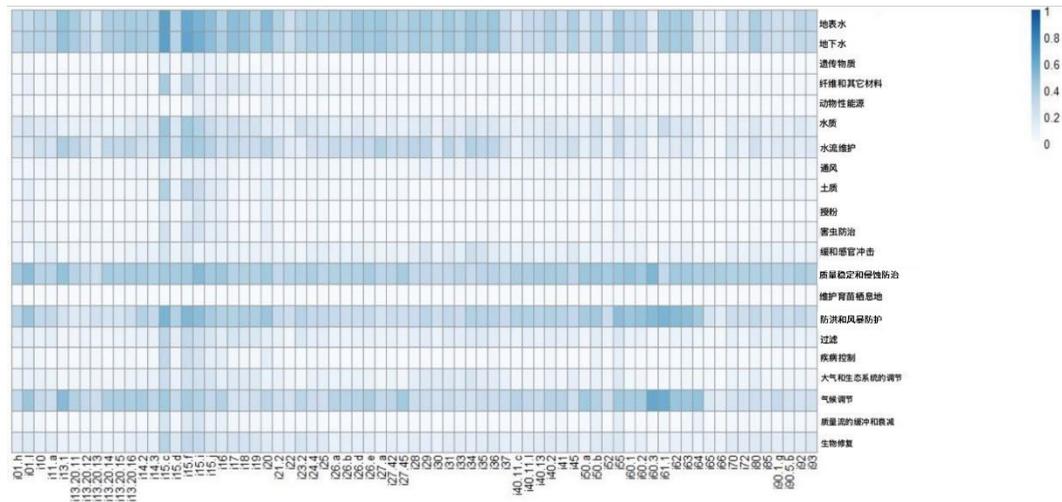


图 12.C 上游依赖性评分，按行业和生态系统服务划分



5.2 法国金融系统对生物多样性的影响

本研究对法国金融机构，即其证券投资组合的生物多样性足迹或“影响”进行分析，为识别潜在生物多样性相关转型冲击的直接影响提供了有用的参考。下文会集中关注法国金融系统对陆地生物多样性的影响，⁵⁰对淡水生物多样性的影响⁵¹会在附录 2.E 单独分析，而法国金融系统对海洋生物多样性的影响则不在所使用的模型范围内。

本研究发现，法国金融系统所累积的（或静态的）陆地生物多样性足迹相当于损失了至少 13 万平方公里的“原始”自然，也相当于 24% 的法国本土面积被完全人工化。⁵²投资组合的生物多样性强度为 0.13，即所持每一百万欧元证券对应的每平方公里平均物种丰度为 0.13。这意味着，法国金融机构投资组合中，平均每百万欧元产生的足迹相当于损失了 0.13 平方公里的“原始”自然，相当于 16 个 8,000 平方米

⁵⁰ 请注意，其中未考虑生态毒性压力产生的影响。

⁵¹ 无法简单地对陆地生物多样性影响和水生生物多样性影响进行汇总。

⁵² 本研究计算的足迹没有排除影响的重复计算。确实，在投资组合的足迹中，某公司 A 的范围 1 影响中的一部分可能会通常其供应商公司 B 的范围 3 影响被计算两次。但是，在此处所展示的结果中，重复计算的程度是非常有限的，其中一个原因是因为法国金融机构的投资组合主要组成部分是属于第二产业的公司发行的证券，而农业等第一产业（如下文所述，通常他们的范围 1 足迹是最显著的）几乎没有出现在投资组合中。因此，公司及其原材料供应同时出现在投资组合中的可能性很小。实际上，这意味着农业几乎不是通过它们自己的范围 1，而是通过其它公司的范围 3，影响本研究的结果。此外，尽管在评估法国金融机构对生物多样性下降应承担的责任时，重复计算可能会是一个问题，因为在投资组合中，重复计算可能会让影响增大，但是从风险角度而言，这不一定是个问题。实际上，转型冲击会直接（因为它们的范围 1 影响）和间接（因为他们的供应商对生物多样性的影响）影响投资组合中的公司。因此核算投资组合中的公司的范围 3 和范围 1 影响可能繁冗，但是非常重要。

的足球场。⁵³到目前为止，土地利用变化是产生这一结果的主要原因。化学品生产、乳制品加工、天然气制造和输送等一些经济行业也是该足迹的促成因素。

此外，法国金融机构的投资组合每年对陆地生物多样性产生的额外年度影响（或动态影响），相当于损失了 0.48 万平方公里的“原始”自然，也相当于每年被完全人工化的面积是巴黎的 48 倍。气候变化是产生这一结果的主要原因。化学品生产和炼油等一些经济行业也是足迹的促成因素。

下文将更深入地探讨对陆地生物多样性的动态和静态影响。

5.2.1 静态足迹

投资组合静态足迹的主要驱动因素是土地利用，以及与土地利用相关的生物多样性丧失的驱动因素或压力（见图 13.A）。需要注意的是，BIA-GBS 方法尚未将气候变化纳入到生物多样性的静态压力中，因为过去的温室气体（GHG）排放量很难分配至不同的行业和地区。气候变化是生物多样性丧失的主要驱动因素，尽管从全球层面来说，它不是最大的驱动因素，因此尽管气候变化已被视为一种动态压力（见下文），但此处的静态生物多样性足迹可能会被低估。

图 13.B 显示，大部分足迹来自上游活动，特别是来自直接供应商（“1 级”），占总足迹的 42%。这可能是因为法国金融机构所持的证券价值中，很大一部分是来自第二产业从事制造和加工业务的公司。这些行业，例如，食品加工公司，在其生产过程不一定会利用大量土地，但往往依赖于对农作物种植或牧牛的投入，这会对生物多样性施加巨大土地使用压力。上文所述的“气候变化”压力没有纳入考量范围，这可能是范围 1 影响相对较小的原因。⁵⁴

⁵³ 总之，这些结果与从荷兰金融机构中上市股份投资组合中获得的结果一致。实际上，荷兰中央银行（van Toor 等人，2020）发现，生物多样性足迹相当于损失了 5.8 万平方公里的原始自然，并且关于投资组合的平均生物多样性“强度”（研究的投资组合规模为 3,200 亿欧元），其中每百万欧元对应的每平方公里平均物种丰度为 0.18。他们的强度结果与本研究的结果存在差异，可能是因为（i）研究的证券和发行人类型不同（除股票，本研究还研究了债券，本研究集中关注非金融发行人，而荷兰中央银行考虑了金融和非金融发行人的情况）；（ii）荷兰央行衡量的是时间累积影响，而本研究明确区分了静态和动态足迹；并且（iii）本研究的静态影响中没有包括因气候变化产生的影响，而荷兰中央银行的结果中包含此类影响，这也可能是它的生物多样性强度更高的主要原因。

⁵⁴ 例如，因为制造活动的直接业务（范围 1）往往属于碳密集型，所以“气候变化”对生物多样性造成的压力很有可能会增加范围 1 在整个足迹中的作用，但这仅仅只是一个假设，尚未得到验证。

图 13.A 投资组合的静态陆地生物多样性足迹，按压力划分

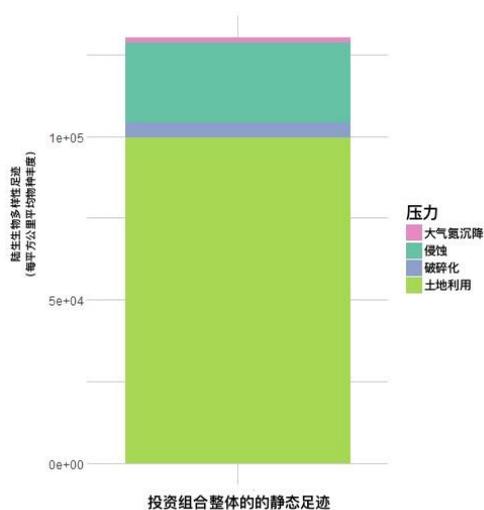
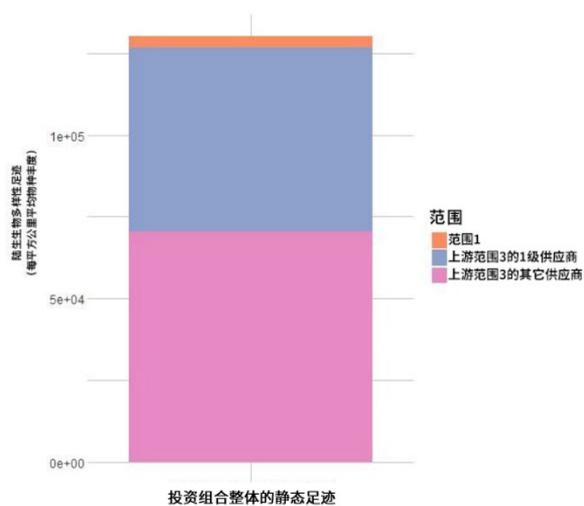


图 13.B 投资组合的静态陆地生物多样性足迹，按范围划分



研究发现，投资组合的静态影响主要来自少数行业（图 14.A 是按行业细分，图 14.B 为每个行业的绝对足迹）。投资组合中超过一半的静态生物多样性足迹来自化学品生产（图 14.B 的 i24.4 行业）、乳制品加工（i15.f）、天然气制造和输送（i40.2）、饮料生产（i15.j）、食品加工（i15.i）（完整的行业代码对照表见附录 2.F）。

图 14.A 投资组合的静态陆地生物多样性足迹图解，按行业划分

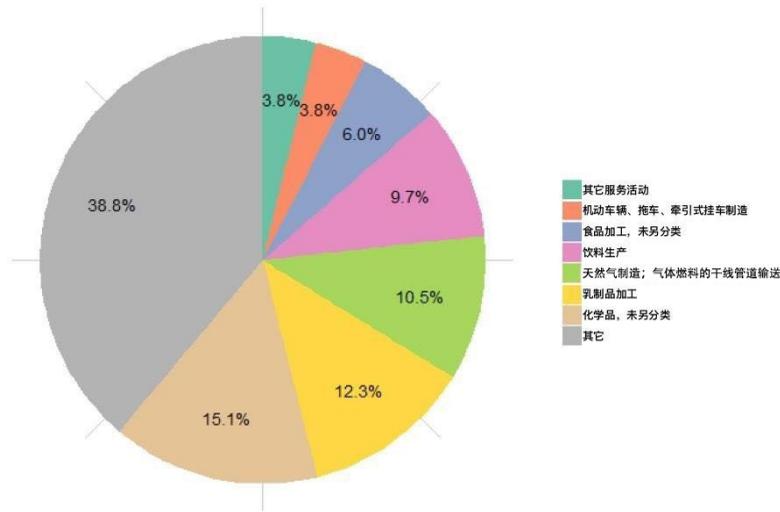
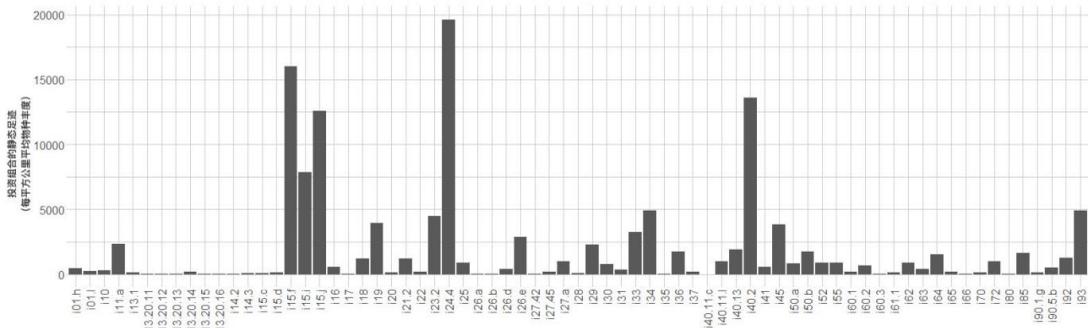


图 14.B 投资组合中各行业对应的静态陆地生物多样性足迹（每平方公里平均物种丰度）



多个因素导致了这些结果，其中对生物多样性产生静态影响最为显著的是这些行业的生产活动或其供应商行业的生产活动，因为它们会“消耗”、分散并侵占自然区域。在食品加工行业，包括乳制品加工 (i15.f)、饮料生产 (i15.j)、食品加工 (i15.i)，投资组合中的公司每欧元营业额的生产都会产生特别高的静态生物多样性足迹（图 15.A）。

但是，在化学品生产 (i24.4) 和天然气制造和输送 (i40.2) 行业，每欧元营业额的生产似乎并不会对生物多样性造成特别大的静态影响（图 15.A），但这些行业最终对投资组合足迹产生影响的大小还是要取决于它们在法国金融机构投资组合中的重要程度（图 15.B），投资组合中所持的证券 11.7%来自化学品行业，3.7%来自天然气制造和输送行业。

图 15.A 法国金融机构投资组合中的发行人营业额对应的平均陆生生物多样性和静态生物多样性足迹强度，按行业划分（每百万欧元营业额对应的每平方公里平均物种丰度）

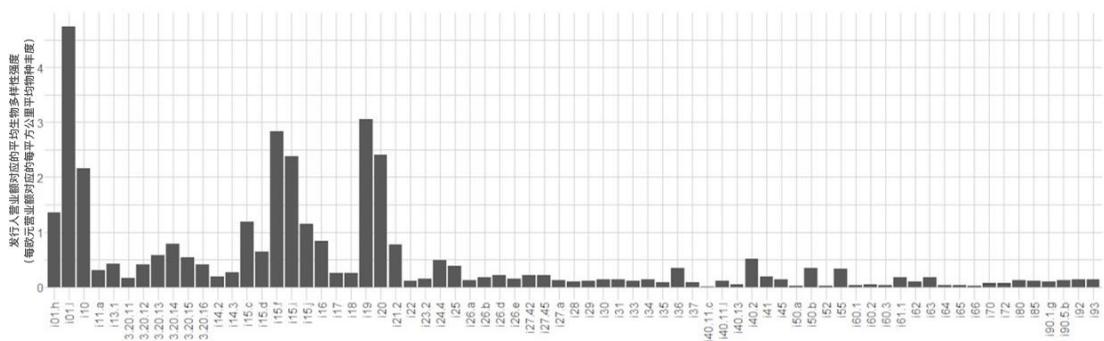
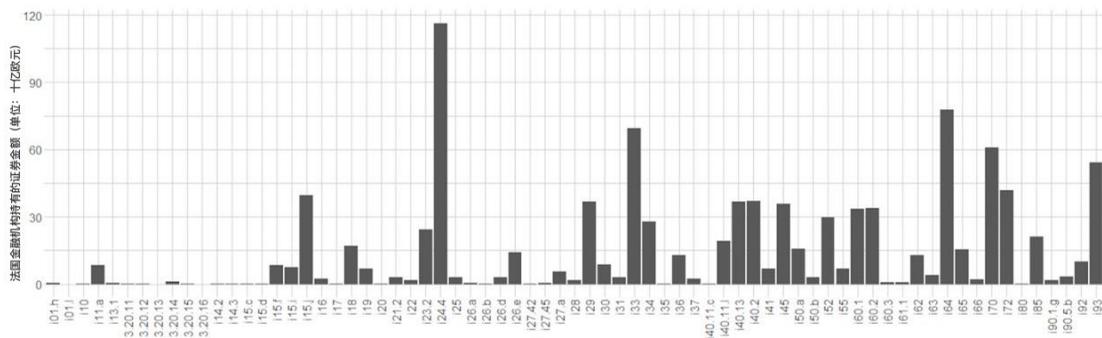


图 15.B 法国金融机构投资组合中的证券金额（十亿欧元），按行业划分



5.2.2 动态足迹

动态足迹是指每年对生物多样性产生的额外影响。研究发现，对陆地生物多样性产生的新增影响中有 86% 是由气候变化导致的，而其它影响大部分来自土地利用变化（图 16.A）。因为动态分析中纳入了“气候变化”压力，并且投资组合中大部分证券发行公司来自制造或加工行业，所以在图 16.B 中，研究发现范围 1 的作用非常大，特别是在与没有考虑气候变化的静态影响相比时。但是，大部分动态足迹来自直接供应商（上游范围 3 的 1 级供应商）。

图 16.A 投资组合的动态生物多样性，按压力划分

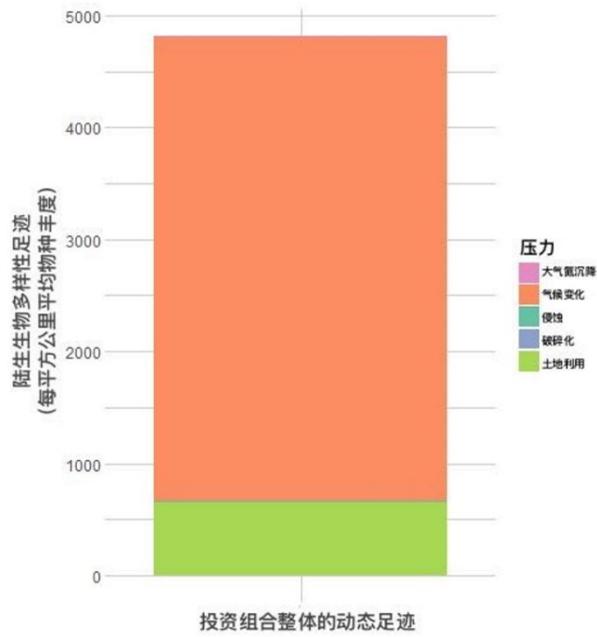
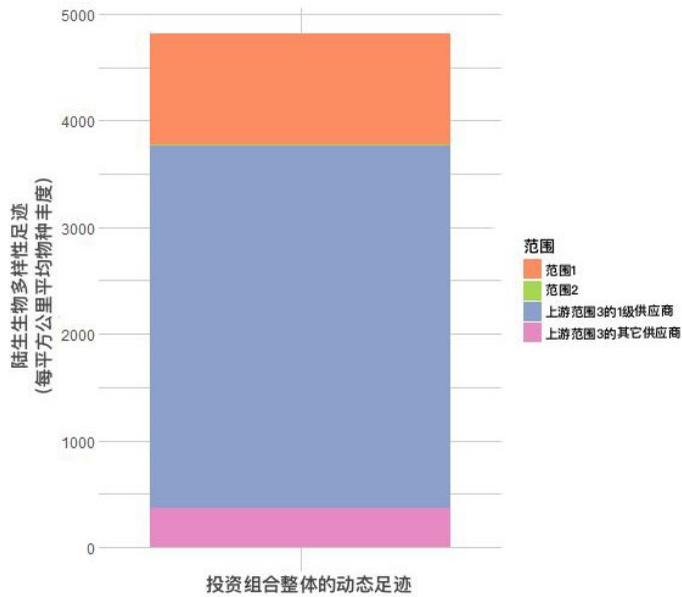
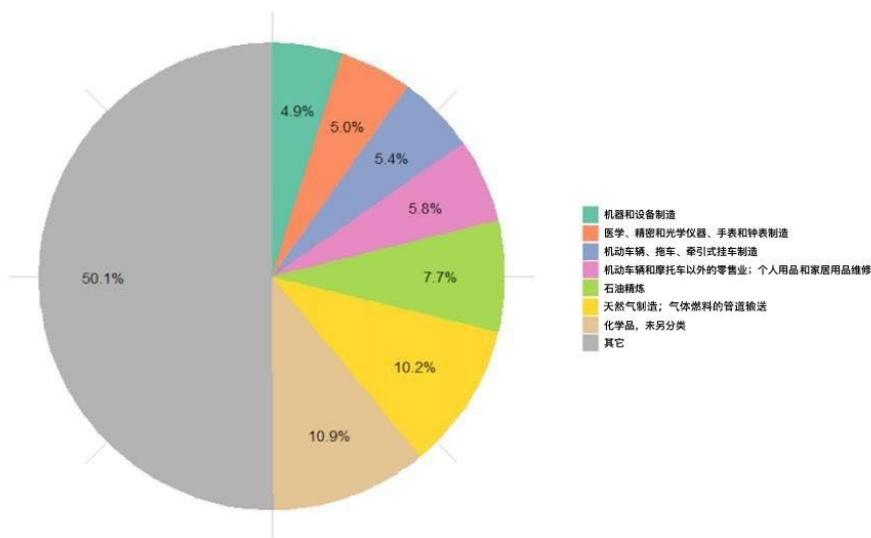


图 16.B 投资组合的动态生物多样性，按范围划分



动态足迹的行业分类（图 17）与静态足迹的行业分类（图 14.A）不同。首先，研究观察到足迹的集中程度略低：产生投资组合动态足迹的前七大行业占足迹的 50%，而在静态影响中，该比例超过了 60%。此外，七大源头行业也存在差异：大部分静态足迹来自食品加工相关行业，即使用的投入来自农业，通过土地利用相关压力，对陆地生物多样性产生重大影响；而产生动态足迹的大部分主要行业与化石燃料提炼、化学品和贸易相关。换言之，一旦将气候变化压力纳入考量范围，碳密集型行业就会成为动态足迹产生的重要因素。

图 17 投资组合的动态生物多样性足迹图解，按行业划分



6 进一步探讨与生物多样性相关的 金融风险研究的方向

前两章证明了生物多样性、经济和金融体系之间关系的重要性。但是，如第 3.3 章所述，想要进行全面完整的金融风险评估，不仅需要了解金融体系的风险敞口，还需要了解物理与转型冲击的性质，包括行业间的潜在传导渠道，以及经济和金融行为主体的适应能力。本研究如何在新方法中结合上一章研究的依赖性和影响，解决第 3.2 章所述挑战，即生态系统的复杂性、生态系统估值过程的不可通量性和不可比性、自然资本的有限替代性呢？

本研究无法给出详尽的建议，但是考虑到这些方法存在的挑战，本研究建议从三个方向继续推进与生物多样性相关的金融风险评估的研究：第一，如第 3 章所述，针对特定冲击和特定传导渠道，建立特定情景，并且集中关注行业情景，避开外部经济模型中存在的诸多限制。例如，辨别在特定情景中可能被搁浅的资产；第二，使用基于经济资产搁浅的连锁效应，以及环境冲击的金融传导方式的方法，更清晰地阐明自然资本的有限替代性，以及生物多样性相关冲击的潜在尾部风险；第三，根据生物多样性与经济活动双重重要性的概念，这一概念越来越多得到决策者和金融监管机构的支持，开发其它风险管理方法。下文将详细介绍这三个研究方向，以期进一步推动这些领域的发展。

6.1 面对与生物多样性相关冲击的特别情景

如第 3 章所述，评估与生物多样性相关的金融风险所面临的难题是，没有一个标准情景可以用来评估金融体系在面对特定生物多样性相关的物理或转型风险时的恢复能力。评估与气候相关的金融风险一直以来也存在这一难题，直到最近，随着 NGFS 于 2020 年联手气候经济建模者联盟，不断设计推出气候相关情景（Pierfederici, 2020），这种情况才开始转变。之前，资产搁浅相关研究首次引发了转型风险的金融评估（Carbon Tracker, 2013；McGlade & Ekins, 2015），与气候相关的金融风险的文献发展也因此受益。如果无法设计出情景，则可以通过评估与生物多样性相关的转型风险，确定在“生物多样性转型”情况下，最可能被搁浅的资产。相比与气候相关的金融风险评估，与生物多样性相关的金融风险评估更有难度，因为没有一种特定活动，例如，化石燃料的开采引发的气候变化，可以清楚地说明绝大多数人类活动对生物多样性的影响。⁵⁵

尽管如此，首先可以考虑怎样更好地确认生物多样性相关的资产搁浅。下文中没有进行详尽阐述，但是给出了一些示例。如第 2 章所述，联合国《生物多样性公约》缔约方大会第十五次会议（CBD COP15）承诺，到 2030 年保护 30% 的陆地、淡水和海洋区域，这一目标高于目前承诺的保护 17% 的陆地和内陆水域以及 10% 的沿海和海洋区域。如果达成共识，目前在受保护区域内进行的一些活动可能会陷入困境。

⁵⁵ 农业是生物多样性足迹的重要促成因素，但是这种影响与特定过程相关，因此需要谨慎评估。相比之下，气候变化很大程度上是指特定投入（例如，化石燃料），它们更容易通过现有经济分类确定。

Van Toor 等人 (2020) 估计, 在 30% 的陆地和淡水区域受到保护的情况下, 荷兰金融部门对活跃在保护区的公司的风险敞口将达到 280 亿欧元。Calice 等人 (2021) 在巴西案例中, 使用从政府获得的信息, 确定了具体的保护区域, 细化了上述情景。但是, 这种估算没有考虑情景中受影响公司的适应能力, 换言之, 这里包含了一个隐含假设, 即面临风险的公司无法适应。

此外, 还需要设计更多针对具体行业的情景。例如, 第 3 章中探讨了国际贸易与生物多样性丧失之间的潜在关联, 未来情景分析可以通过这些关联, 评估停止从中低收入经济体进口毁林产品 (WWF, 2021a) 会给高收入经济体的金融机构带来什么风险。

一些新的工具⁵⁶可以帮助我们获得大豆、棕榈油、木材等主要毁林商品的完整供应链信息, 使用这些工具, 可以更详尽地了解金融机构面临的毁林相关金融风险。还可以根据每个国家的情况, 设计针对特定行业的情景。例如 van Toor 等人 (2020) 评估了在要求减少氮排放的政策发展下, 金融机构将如何受到影响。未来情景分析也可以关注那些因生物多样性相关补贴的变动而受影响的行业和特定行为主体, 包括特定公司, 以及因潜在收入损失而受影响的家庭和政府。例如, 每年发放给环境有害活动, 如化石燃料、集约农业、工业捕鱼等的补贴超过一万亿美元 (Tobin-de la Puente & Mitchell, 2021)。

尽管侧重于第一产业的情景可能会导致高收入经济体的金融风险相对较小, 因为农业活动在这些国家的国内生产总值和金融机构资产负债表中所占份额相对较小, 但是未来情景设计可以侧重于在金融机构资产负债表中所占份额较高的行业。例如, 法国生态转型部在 2018 年发布的《法国生物多样性计划》中就提出零净土壤人工化的目标, 限制了城市进一步扩张 (France Stratégie, 2019), 而这对房地产行业产生了重大影响。因此, 评估哪些特定领域和参与者可能受到影响, 以及金融机构如何受到这些影响, 可能会发现新的转型风险。

上述示例主要侧重于转型风险源, 特别情景设计还可以通过个案研究等方式 (WWF, 2021b、2021c), 集中研究物理风险源。但是需要注意的是, 上述每个情景中结果只能代表有限和部分与生物多样性相关的金融风险。此外, 结合不同情景的风险识别虽有帮助, 但仍不够全面, 因为它无法捕获这些风险的相互作用以及新现象的产生。最后, 本研究尚未探讨在未来情景设想中, 如何清晰明确地解释自然资本的非线性、有限替代性或不可替代性等模式。因此, 必须采用特定方法对未来情景进行评估, 这也是本研究在下一部分继续探讨的内容。

⁵⁶ 例如, Trase (www.trase.earth) 汇总了公开数据, 绘图说明某些商品生产 (例如, 大豆、棕榈油、木材、牛肉) 对毁林的依赖程度。

6.2 在经济连锁效应和金融传导模型中嵌入生物多样性相关冲击

第 4、5 章研究的方法和结果和第 6.1 章探讨的情景本身并不能解决第 3 章所述不可替代性和非线性方面的挑战，包括尾部风险。因此，在与生物多样性相关的金融风险评估中，可能会遗漏或低估产生意外物理或转型风险的“绿天鹅”事件。新冠肺炎疫情就是一个例子：⁵⁷即使在情景描述中已说明病毒出现在世界某个特定地点，但这却不足以解释经济供需双方和金融体系产生的所有连锁效应。自 2020 年开始，这种连锁效应一直体现在全球经济中。之前研究提到，目前与生物多样性相关的金融风险评估通常相对保守，没有考虑尾部风险（van Toor 等人，2020）。

在这种情况下，文献中取得的两项进展，对于评估整个经济和金融体系受生物多样性相关冲击的潜在传导颇有帮助。首先，使用特定方法，了解生物多样性相关冲击是如何以类似于新冠肺炎的方式在整个经济部门中传导的。Cahen-Fourot 等人（2021）根据投入产出表，解释说明了资产搁浅产生的环境冲击，是如何造成一个部门减产，之后波及到使用前述部门的产出作为生产投入的其它行业的，该案例采用的是与气候相关的风险。例如，如果化石燃料的开采量突然下降，则从炼油到陆地运输等下游活动都会受到影响。这些冲击也可以从需求端进行评估。例如，Godin & Hadji-Lazaro（2020）详细说明了碳密集型行业是如何沿整个产业链传播损失，进而影响金融或 IT 服务等非碳密集型行业的。如果不可替代的自然资本搁浅，就特别适合使用此类方法评估它的风险传导情况。

在充分了解了生物多样性相关冲击的连锁效应后，就可以着手估算受影响公司的脆弱性。Godin & Hadji-Lazaro（2020）使用了两个金融指标：净债务与营业盈余之比，以及净债务与总资产之比，从行业层面评估出口损失情景的金融影响。但是，在评估整体影响时，此类基于投入产出的方法具有局限性，因为它缺乏行业层面影响和公司层面影响之间的关联。如果能够了解到收入、债务或利润的分配情况，就可以避免这些不足，并且基于行业的整体影响，确定公司层面的影响概率。另外一个限制源于投入产出方法的静态性质。

除了经济体系的连锁风险外，对与生物多样性相关的金融风险的评估还需要考虑整个金融体系的风险蔓延。如果生物多样性相关冲击导致一些行业或公司的不良贷款增加，市值下跌，则这些风险也有可能出现跨金融机构的蔓延。例如，Roncoroni 等人（2021）将环境冲击对实体经济的影响整合至金融资产网络估值中，然后发现相对温和的初始冲击有可能会蔓延至整个金融体系。所以，如果能够了解生物多样性相关冲击是如何通过文献中研究的各种渠道（Idier & Piquard，2017）最终蔓延至金融体系的，如银行破产、市场流动性变差、抛售等，这就进一步推动与生物多样性相关的金融风险的评估。最后，在金融部门蔓延的金融脆弱性又会通过信贷约束或贷款利率上升等方式，波及产业，导致生产、投资和就业等各方面的后续调整。

通过整合这些实体经济的连锁效应和金融传导效应，未来研究就有可能更好地掌握与生物多样性相关的金融风险的性质，包括自然资本的有限替代性以及潜在非线性模式，并深入了解影响金融稳定性的传导途经。

⁵⁷ 这并不是假设新冠肺炎疫情源于生物多样性的破坏，但是有可能发生的，因为在撰写本研究时，尚未得到证实。

6.3 基于双重重要性理论的生物多样性方法案例

6.3.1 双重重要性概念

从上文可以得知，不管使用什么方法，都会存在诸多不确定性。冲击的性质（第 6.1 章）及其对经济和金融行为主体间的复杂传导渠道（第 6.2 章）受多种生态和社会经济相互作用的影响，而这些相互作用可能具有高度非线性特征。因此，全面评估与生物多样性相关的金融风险即使不是不可能，也是极其困难的（OECD，2021）。此外，许多与生物多样性相关的金融风险是无法逐个击破的，因此，解决生物多样性丧失问题需要结构性的转型与变革（IPBES，2019），而这种变革不是中央银行或金融机构凭借一己之力就可以完成的。这种情况也让央行陷入两难境地，承认风险的存在但又对此束手无策（Bolton 等人，2020a）。

针对这种情况，双重重要性概念应运而生（图 18）。它表明不仅环境会影响公司和金融机构，反过来金融机构和公司的资本分配决策也会对自然环境产生影响（Täger，2021）。这一概念表明，环境风险综合分析方法需要评估两种相关现象，即金融机构面对与生物多样性相关的金融风险的脆弱性，以及他们在此类风险中的推动作用。实际上，金融体系对生物多样性损害程度越大，所面临的因依赖退化的生态系统服务所产生的物理风险，以及因所持的资产可能因为新政策出台而搁浅导致的转型风险就越高。例如，剑桥大学可持续领导力学院 CISEL（2021）最新研究发现，全球银行机构通过发放贷款，加速了毁林现象的出现，这意味着，未来它会面临更多的物理冲击或转型冲击的风险。Kedward 等人（2021）指出，欧洲中央银行（ECB）通过公司债券购买业务，向金融市场发出强烈号召，最大限度地减少因进口毁林产品等问题产生的影响。

图 18 双重重要性



来源：改编自 Oman & Svartzman（2021）

从理论的角度来看，双重重要性概念一定程度上克服了第 3.2 章所述的挑战，但需要特别确认，金融体系没有促成跨越新的临界点的情况。因此，双重重要性方法使得中央银行和金融监管机构不再从被动的角度关注生物多样性风险对金融体系的影响，而是主动意识到这些影响会加剧未来的风险。基于同样的思路，自然相关财务信息披露工作组（TNFD）（2021，第 3 页）提出，非金融和金融公司应汇报“自然对机构的影响以及机构对自然的影响”。

通过双重重要性方法进行信息披露,可能成为一项监管要求,所以中央银行和金融监管机构应高度重视。实际上,欧洲委员会(2019)和欧洲证券及市场监管局(ESMA,2020)已经承认这个概念在与气候相关的金融风险案例研究中的相关性。

6.3.2 生物多样性相关方法设计中存在的实际问题

在法国,《能源与气候法》第29条已经将双重重要性概念纳入法条,并付诸实践(《实施细则》⁵⁸)。后者规定,金融机构除了应披露其与生物多样性相关的金融风险的风险敞口外,还应证明其如何根据国际生物多样性保护目标,制定策略并减少对生物多样性的影响。因此,在实践中需要开发新方法,例如本研究使用的BIA-GBS方法,从动态视角评估金融机构的生物多样性影响,以探索每个公司的近期影响的情况,以及它们是否符合国际目标。目前已建立了评估金融投资组合是否符合气候目标的方法(见Oustry等人,2020;Raynaud等人,2020)⁵⁹,但是在生物多样性方面仍然处于起步阶段。

生物多样性相关方法的开发需要多管齐下(见图19.A和10.B)。首先需要选择与国际生物多样性目标相匹配的衡量标准,例如,相当于实现1.5或2摄氏度气候变化目标的可用碳预算。在这方面,BIA-GBS方法可以从行业层面将国际目标,如根据早期版本的《生物多样性公约》草案,到2030年生态系统的面积和完整性不会出现净损失,到2050年实现20%的增长(《生物多样性公约》,2020),转化为每平方公里平均物种丰度,并与当前轨迹进行比较(见图19.A的第1、2步,以及图19.B)。据估计,生物多样性丧失红线是将陆地每平方公里平均物种丰度维持在72%(Lucas & Wiltling,2018),而根据有可能在《生物多样性公约》缔约方大会第十五次会议(CBD COP15)期间采用的生态系统目标发展轨迹,转换得到的全球陆地每平方公里平均物种丰度为77%至84%之间(见图19.B)。作为参考,2018年陆地生物多样性每平方公里平均物种丰度仅维持在65.8%,并且每平方公里平均物种丰度正在以每年0.27%的速度下降。在目前的趋势情况下,2010至2050年期间,全球每平方公里平均物种丰度会丧失9.5%,这意味着到2050年,全球每平方公里平均物种丰度只能维持在58.5%(Kok等人,2018;见图19.B)。

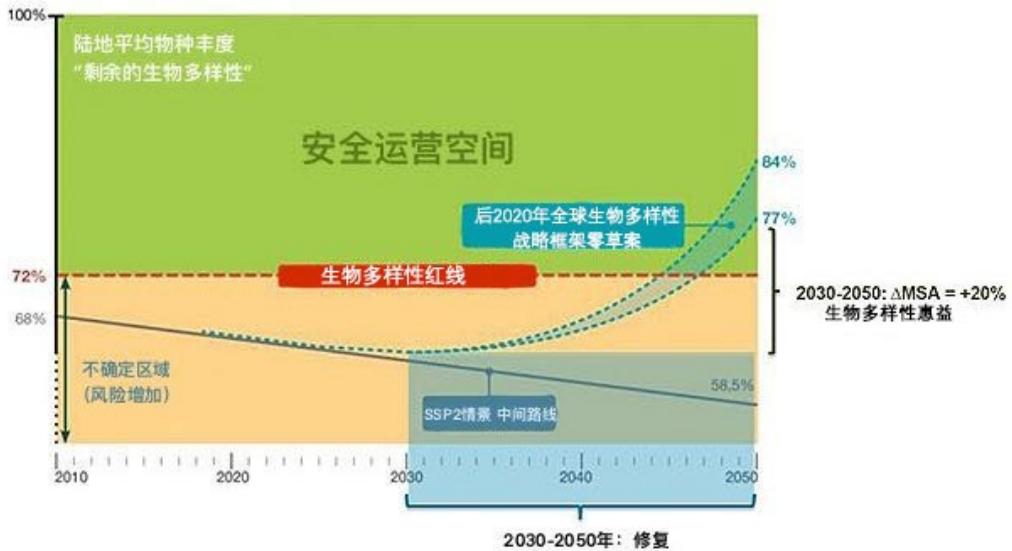
⁵⁸ 见: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043541738>。《实施细则》明确要求金融机构提供:“对减少IPBES定义的生物多样性主要压力和影响的贡献分析”。

⁵⁹ 这些方法旨在评估金融机构的投资公司是否与1.5或2摄氏度的目标一致(或匹配)。这些方法通常包括三个关键步骤:确定环境目标对应的全球碳预算;设计外部情景,将该碳预算转化为具体地区或行业的转型路径和目标;通过特别方法,协调这些地区或部门转型路径,确保其符合各个实体的当前排放量和中期战略(基于多重标准,例如,公司的研发策略或者最近二氧化碳排放情况的评估)。

图 19.A 制定生物多样性相关方法所需的不同步骤



图 19.B 第 1 和第 2 步详细情况：将国际生物多样性目标转化为每平方公里平均物种丰度



来源: CDC Biodiversité (2021)

关于生物多样性相关方法的开发, 下一步是(见图 19.A 第 3 步) 将生物多样性影响增减轨迹, 如实现 72% 每平方公里平均物种丰度目标, 或者保持在 77% 至 84% 的范围内, 转化或者分配至经济行业的“每平方公里平均物种丰度预算”中。例如, 采用科学目标网络 (SBTN) 即将推出的下列分配方法进行转

化或分配。其中可能会有祖父制的追溯式分配方式⁶⁰，但是也可以基于其它伦理问题如能力、成本效益，以及其它公正原则（Lucas & Wiltng, 2018）等，开发其它方法。最后一步（见图 19.A 第 4、5 步）是参考气候相关方法开发，建立类似衡量标准，例如，评估每家公司生物多样性相关的投资策略。根据公司当前造成的每平方公里平均物种丰度丧失预测其未来情况，正如气候相关方法中估算的“温度差”一样，通过对比当前的影响和预测的影响，以及所需的减少量，计算每平方公里平均物种丰度的差异。

如果中央银行和金融监管机构决定采用这些方法，特别是考虑到法国第 29 条规定，仍有必要意识到此类相关方法中存在的诸多限制（Raynaud 等人，2020），与生物多样性相关的金融风险研究更应如此，因为生态系统完整性的组成部分或物种具有不可替代性，所以它们的汇总不同于可替代的二氧化碳排放量的汇总。在制定任何具体行动计划之前，有必要比较通过不同方法和衡量标准获得的结果。⁶¹

最后，可以给“不符合要求的组成部分”赋予一个数值，将无法货币化的衡量对应至货币化的衡量标准，但这并不是必需步骤。修复成本可以对应每平方公里平均物种丰度的“净收益”。例如，CDC Biodiversité (2019) 为此进行的初步调查表明，通过提高能源效率或制定 30% 陆地和海洋保护区目标等工作，可以在每平方公里平均物种丰度成本低于 5 欧元情况下，实现每平方公里平均物种丰度显著上升。相比之下，土地修复很可能会转化为“修复”每平方公里平均物种丰度对应的主要成本。尽管这种方式可以给经济和金融行为主体提供一些粗略的成本估算，但是很难将它们分配至具体的国家，分配到具体公司和家庭就更困难了。

另外一种方法是给每个“不符合要求的组成部分”分配一个“社会价值”。例如，政府可以决定根据公司轨迹和需要达到的目标轨迹之间的差距征税。同样地，中央银行或金融监管机构可以给自身运营情况如资金业务，及其职能如维持金融稳定性之间的差距分配一个社会价值。要想推进到这一步，必须先解决上文所述的诸多限制，并且还需要根据中央银行和监管机构履行其主要职责的能力，评估任何潜在措施的可行性。

⁶⁰ 祖父制分配方式（溯往方式）指每个利益相关者所需的努力份额等于他们在周期开始时影响份额。例如，如果全球目标是将影响降低 10%，那么所有公司必须将他们的影响降低 10%。在将溯往方法用于公民或国家时，就会出现很大的问题（例如，因为对于贫穷和富有的国家，它不会考虑它们对当前形势的促成作用，而是会要求它们降低同样比例的影响）。相比祖父制分配方式（溯往方式），本研究讨论的行业方法可能会更公平。但是，本研究认为应该研究出更多方法，特别是可以反映出社会公正转型的分配方法。

⁶¹ 例如，尽管这不是一个生物多样性相关方法，但是 ESGAP (Ekins 等人，2020) 提出了 22 个指标（例如，生物量、淡水、人类健康、陆地生态系统），用于衡量当前轨迹和目标轨迹（可衡量）的差距（或不一致）。该指标已在欧盟、越南、肯尼亚等地区和国家进行试验。

7 结论

本研究探讨了法国与生物多样性相关的金融风险问题，为这一议题提供了三个方面的文献贡献。首先，本研究基于已建立的风险特征分析框架，更详尽地探讨了与生物多样性相关的金融风险的三个特征：生态系统的复杂性，包括跨临界点时会出现的非线性模式；生态系统估过程的不可通量性和不可比性，这意味着生物多样性不存在“基本”价值，对于生物多样性丧失的相关风险，也没有“真正”的定义；“自然资本”的有限替代性会导致连锁效应风险，目前尚无文献评估此类风险。因此，与生物多样性相关的金融风险真实存在，并且可能成为系统性的风险，而且仍然需要开发新的方法对其进行深入研究。

其次，本研究对法国金融机构对生态系统服务的依赖性，以及法国金融机构对生物多样性的影响进行了量化估算。本研究在 van Toor 等人（2020）的基础上进行估算，同时纳入了上游依赖性。研究发现，在衡量的 21 种生态系统服务中，法国金融机构所持 42% 的证券价值高度或极度依赖于至少一种生态系统服务。研究还发现，2019 年法国金融机构所持的证券所累积的（或静态的）陆地生物多样性足迹相当于损失了 13 万平方公里的“原始”自然，也相当于 24% 的法国本土面积被完全人工化，而每年对陆地生物多样性产生的额外的（或动态的）影响相当于损失了 0.48 万平方公里的“原始”自然，也相当于每年有 48 个巴黎大小的区域被完全人工化。关于法国金融机构的水生/淡水生物多样性足迹：累积的（或静态的）足迹相当于损失了 0.9595 万平方公里的“原始”自然，为法国城市面积的 1.7%，而每年额外的（或动态的）足迹相当于 92 平方公里“完好无损”的生态系统被破坏，大约相当于巴黎的城市面积。但是，如果没有具体背景，就无法将陆地足迹和水生足迹进行对比（见附录 2.E）。

基于这些依赖性和影响，就可以估算或着手评估与生物多样性相关的物理风险和转型风险，并且从中可以得知，法国金融机构在这两种风险中都有较大的风险敞口。但是，如果想要更好地了解特定生物多样性相关风险对金融稳定性的影响，还需要开展进一步研究，并且将本研究讨论的风险，包括复杂性、不确定估值过程以及有限替代性特征等，纳入考量范围。

最后，本研究提出了进一步开展物理风险和转型风险评估等方面的研究建议，它们包括：（i）针对金融风险评估，设计生物多样性相关的情景分析，更详尽地考虑我们可能面临冲击的情况，以及它们在经济和金融行为主体中的传导渠道；（ii）考虑自然资本的有限替代性或不可替代性，和跨临界点相关的尾部风险，采用特定方法，捕捉不同经济部门和金融机构之间，生物多样性相关金融风险的潜在传导；（iii）使用已经纳入法国法规中的“双重重要性”概念框架，开发新工具，评估金融机构是否符合生物多样性保护相关目标。

本研究是围绕风险相关的角度所展开的，未来还可以探讨如何识别并抓住因生态向好的转型所带来的机会。实际上，生态向好的转型会创造很多机会，例如，工作机会（国际劳工组织，2018；Saget 等人，2020）。生态向好的转型也会推动经济结构变革以及单个经济部门的转型，使得传统风险分析的稳健性减弱。在这种情况下，中央银行和金融监管机构如何应对，如何在制定潜在措施时协调其他参与方就变得尤为重要（Bolton 等人，2020a）。

总之，本研究进一步推动了生物多样性丧失与金融稳定性之间的关联研究，同时强调了其中存在的诸多不确定性及其来源。

