

# Strumenti LCA di supporto al settore delle costruzioni

Anna Dalla Valle, Monica Lavagna, Andrea Campioli

Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

Email: [anna.dalla@polimi.it](mailto:anna.dalla@polimi.it)

## Abstract

*Il metodo LCA, grazie alle sue caratteristiche di sistematicità e scientificità, costituisce oggi per il settore delle costruzioni un riferimento sempre più diffuso ai fini della valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici, sia per la misura delle prestazioni a valle della costruzione, sia per confrontare le diverse opzioni in fase di progetto. Rispetto a questa seconda dimensione, la peculiare complessità del prodotto "edificio" rispetto ad altri prodotti industriali ha orientato la ricerca del settore alla messa a punto di software per l'elaborazione di valutazioni LCA atti a semplificare il processo di calcolo, facilitando l'utilizzo da parte dei progettisti e agevolando quindi l'introduzione del criterio dell'efficienza ambientale come elemento di scelta fin dalle prime fasi dei processi decisionali. Il paper restituisce i risultati parziali di una ricerca volta ad analizzare le caratteristiche dei principali software disponibili sul mercato, con particolare riferimento a quelli più diffusi a livello europeo, delineandone criticità e potenzialità.*

## 1. Introduzione

Il settore delle costruzioni è il principale responsabile degli impatti ambientali prodotti sul pianeta, in ragione dell'elevato consumo di suolo, risorse naturali ed energia e l'elevato rilascio di emissioni in terra, aria e acqua. Esso rappresenta il settore industriale che influisce maggiormente sul carico esercitato sull'ambiente e, di conseguenza, le azioni intraprese in edilizia assumono una rilevanza significativa in una prospettiva di sostenibilità ambientale. A differenza degli altri prodotti industriali, gli edifici rappresentano sistemi estremamente complessi, non replicabili (neppure quando sono realizzati con gli stessi prodotti edilizi) e strettamente relazionati alla collocazione geografica, alla posizione climatica, alle esigenze di progetto, ai modi d'uso: ogni edificio è diverso dall'altro e costituisce un unicum fortemente influenzato dal contesto.

Numerose sono le azioni promosse al fine di sensibilizzare e indurre architetti, ingegneri e, in generale, i professionisti del settore a misurarsi con i temi dell'efficienza ambientale, tenendo conto della complessità del settore. In questa direzione sono stati sviluppati, da parte di numerosi enti pubblici e privati, istituzioni accademiche e amministrazioni pubbliche, strumenti di supporto alla valutazione dell'impatto ambientale e di orientamento delle decisioni nelle diverse fasi del processo edilizio.

Attualmente gli strumenti più diffusi all'interno delle pratiche professionali sono costituiti dai cosiddetti "Rating Systems", ossia sistemi a punteggio quali LEED, BREEAM, Protocollo Itaca, DGNB, che si presentano come sistemi di indicatori a cui viene abbinato un punteggio in relazione al livello di corrispondenza della soluzione proposta con i requisiti prestabiliti. Il limite di questi strumenti, però, è quello di appiattare la progettazione attorno ad alcune indicazioni, dal momento

che si fornisce un elenco specifico di aspetti da includere o escludere all'interno del progetto. Inoltre i Rating Systems consentono soltanto parzialmente di esprimere una valutazione della performance ambientale dell'edificio considerando gli impatti ambientali generati nell'intero ciclo di vita.

Tuttavia è possibile osservare come negli ultimi anni, l'introduzione di apparati normativi e di sistemi di certificazione, orientati a considerare le implicazioni ambientali delle scelte progettuali nell'intero ciclo di vita di un edificio, abbia posto anche nell'ambito della progettazione il problema di affrontare la questione dell'efficienza ambientale facendo riferimento alla metodologia LCA. Dal momento che, soprattutto per i progetti di grandi dimensioni, la valutazione LCA consiste in un'operazione complessa e che richiede un'ingente quantità di tempo, sono stati messi a punto, a supporto delle strutture di progettazione e dei diversi operatori coinvolti nella filiera, numerosi tools e software per ridurre lo sforzo richiesto e affiancare il processo decisionale durante l'iter progettuale. In questo modo, il metodo LCA, tramite una valutazione integrale dei consumi e delle emissioni inquinanti derivanti, fornisce le informazioni ambientali di supporto alle scelte di progetto, sia per materiali e componenti edilizi che per soluzioni tecnico-costruttive e impiantistiche.

Bisogna riconoscere alcune limitazioni che condizionano la diffusione del LCA nella pratica professionale. La scarsità di meccanismi premiali basati sulla valutazione LCA costituisce sicuramente un limite, anche se la situazione è destinata a cambiare dal momento che strumenti come LEED, BREEAM e DGNB stanno integrando al loro interno l'uso del LCA per il calcolo di alcuni indicatori. Al giorno d'oggi, non esistono certificazioni ambientali di edificio puramente basate sul LCA e, all'interno del processo di progettazione, soltanto in alcuni casi particolarmente virtuosi, la valutazione LCA viene utilizzata per la sua capacità di dimostrare al cliente la "green-ness" della soluzione proposta e giustificare le decisioni a lungo termine (AIA, 2010). Un'altra evidente limitazione è costituita dalle carenze d'informazione dei database adoperati, mancanze e inadeguatezze che inducono i professionisti a servirsi di più fonti o ad avvalersi di proprie ipotesi. Altro limite, non meno rilevante, è la mancanza di valori di riferimento delle prestazioni ambientali degli edifici in ambito LCA; tali valori costituiscono un elemento indispensabile per consentire il confronto degli impatti ambientali e stabilire quindi il livello di efficienza ambientale del progetto. Questa limitazione, come la precedente, verrà ridimensionata e superata con la progressiva diffusione del LCA all'interno delle pratiche professionali e tramite la maggiore disponibilità dei profili ambientali dei prodotti.

## **2. Strumenti/software LCA per l'edilizia**

La ricerca, eseguita all'interno del panorama internazionale, ha indagato i numerosi software LCA disponibili sul mercato, sviluppati al fine di agevolare l'iter progettuale e orientare il processo attraverso la valutazione degli impatti ambientali prodotti dal settore delle costruzioni. Come anticipato, tuttavia, all'interno delle pratiche progettuali essi vengono generalmente adoperati a progetto finito, quando sono stati definiti tutti i materiali da costruzione con le relative quantità. L'intento di influire sul processo decisionale viene in questo

modo ridotto se non annullato, dal momento che solo in rari casi viene utilizzato come strumento di confronto tra alternative e di supporto reale alle decisioni di progetto. Per favorire l'inserimento degli strumenti LCA fin dalle prime fasi del progetto e permettere quindi ai progettisti di effettuare scelte più consapevoli in termini di impatti ambientali, i diversi software, elaborati nel rispetto degli standard EN 15804/15978, tendono a semplificare il processo di valutazione, offrendo strumenti accessibili e comprensibili ad un pubblico più ampio. I principali destinatari di tali software sono i progettisti, soprattutto architetti, ma anche i produttori e i consulenti ambientali.

Il processo base di funzionamento tipico per i software LCA per l'edilizia è costituito dall'immissione da parte dell'utente di dati di input, tra cui i materiali da costruzione (espressi in volume o in peso) presenti nel progetto. A ognuno di essi vengono attribuite le prestazioni ambientali desunte dalle banche dati disponibili, che vengono poi sommate, pesate e normalizzate secondo la metodologia LCA interna al software stesso. I risultati prodotti dai diversi strumenti risultano quindi fortemente influenzati dal database LCI e dal metodo LCIA, elementi che in alcuni casi possono essere scelti e/o importati manualmente all'interno del software stesso. È noto che analisi LCA, prodotte con i medesimi dati in input e le medesime ipotesi, ma utilizzando software diversi, possono portare a discrepanze nei risultati e, di conseguenza, a conclusioni divergenti. Attualmente, però, ci sono scarse informazioni disponibili per capire quanto la scelta del programma utilizzato possa influire sui risultati LCA. Nell'ottica di un crescente utilizzo e diffusione della valutazione LCA all'interno della pratica professionale, sarebbe opportuno affrontare, comprendere e risolvere tale problema, al fine di giungere a valori comparabili e a interpretazioni univoche.

Data la complessità del settore delle costruzioni e il loro stretto legame con il luogo di appartenenza, gli strumenti per la valutazione LCA degli edifici si riferiscono generalmente a un contesto nazionale, sia per quanto riguarda il rispetto delle normative che per la scelta delle banche dati, anche se alcuni di essi vengono concepiti nell'ottica di una visione più allargata. La ricerca, condotta a livello globale, viene restituita in modo parziale, analizzando alcuni degli strumenti LCA di supporto alla progettazione presenti in Europa. In particolare vengono restituite le caratteristiche dei software Legep per la Germania, Ecosoft per l'Austria ed Elodie per la Francia. La scelta deriva dall'individuazione delle nazioni all'avanguardia riguardo all'uso del LCA in edilizia e dall'identificazione degli strumenti più diffusi nei rispettivi contesti di appartenenza. Altra motivazione determinante è costituita dal fatto che si tratta di strumenti di emanazione ministeriale oppure espressamente citati all'interno dei sistemi a punteggio.

Per ognuno dei software viene esplicitato:

- il contesto di riferimento, ossia se deriva da un'iniziativa presa dall'alto o no e in tal caso il processo che ne ha portato la nascita;
- il costo, indice del grado di accessibilità e di diffusione del prodotto;

- il livello di approfondimento dell'analisi, ossia se è possibile stabilire il grado di dettaglio da raggiungere in relazione ai dati di input e di output;
- i database adoperati, indicando in particolare se sono aggiornati con le EPD nazionali e se richiamano nomi di prodotti specifici;
- gli indicatori ambientali in uscita;
- ulteriori potenzialità, quali la possibilità di includere gli impianti all'interno del sistema, di effettuare la valutazione dei costi lungo l'intero ciclo di vita o le funzioni di interoperabilità del software stesso.

## 2.1 Legep in Germania

Legep è uno strumento di analisi del ciclo di vita che supporta, mediante un approccio integrato, i team di progettazione durante l'elaborazione, costruzione e valutazione di edifici nuovi o esistenti. Esso è il risultato di un progetto di ricerca promosso da DBU - Deutsche Bundesstiftung Umwelt che, nel corso degli anni, ha visto l'implementazione e il perfezionamento sia del software che del database. Esso è suddiviso in relazione alle diverse fasi del ciclo di vita e permette di stabilire il fabbisogno energetico per il riscaldamento, l'acqua calda, l'energia elettrica e il relativo costo, nonché di comprendere i flussi dei materiali in ingresso e in uscita, nel rispetto delle norme DIN EN ISO 14040-44.

All'interno del software, l'edificio può essere descritto utilizzando elementi preassemblati, contenenti tutti i dati relativi al costo, all'energia, al flusso di materiali e alla valutazione d'impatto, oppure definendo manualmente le stratigrafie costruttive, cambiando gli strati e le descrizioni degli elementi. Al contrario, se l'utente vuole utilizzare elementi "preconfezionati", sono disponibili circa 6.000 tipologie tipiche per il settore edilizio. La versione completa per la prima licenza Legep è disponibile sul mercato all'interno di quella che viene definita come fascia alta dei costi (maggiore di 5.000 €), ma sono presenti a prezzi più accessibili la versione studenti e la versione formazione. Queste licenze limitate hanno durata di un anno, non sono espandibili e aggiornabili e risultano funzionalmente ridotte, ad esempio per il fatto che non è possibile inserire informazioni specifiche e viene disattivata l'esportazione di alcuni dati.

Tramite il software è possibile scegliere la versione standard o la versione light, con la possibilità di eseguire un calcolo separato in base alle fasi parziali o totali del ciclo di vita. Legep si basa sull'unione di diversi software, ciascuno dei quali è caratterizzato dalla propria banca dati. Per l'inventario dei materiali esso si appoggia sul database ministeriale Ökobau.dat o, in alternativa, sul database Ecoinvent. Il primo, accessibile gratuitamente, si riferisce al contesto tedesco, descrivendo il profilo ecologico dei materiali da costruzione e dei trasporti e fornendo sia set di dati generici che dati specifici dei produttori. Allo stato attuale, Ökobau.dat prevede informazioni ambientali per più di 700 prodotti per l'edilizia, definite in conformità con la norma DIN EN 15804. Ecoinvent, invece, è il database leader mondiale per quanto riguarda le informazioni ambientali, includendo non solo quelle relative all'edilizia ma anche di altri settori industriali. Esso contiene i profili ambientali di migliaia di prodotti, che sono annualmente affinati e aggiornati.

Per quanto riguarda i costi, essi vengono stabiliti tramite il database sirAdos, conforme alla norma DIN 18960 e pubblicato ogni anno con prodotti specifici, così come con le indicazioni delle attività per nuove costruzioni, ristrutturazioni e operazioni di manutenzione.

Gli indicatori ambientali forniti dal software rispecchiano quelli presenti nella norma EN 15804 e EN 15978, tra cui il riscaldamento globale, l'acidificazione, la formazione fotochimica di ozono, la riduzione dello strato di ozono, l'eutrofizzazione, il consumo di energia primaria da fonti rinnovabili e non rinnovabili, ecc. Per ogni fase del ciclo di vita analizzata, l'utente può decidere se visualizzare tutti gli indicatori contemporaneamente o solo parzialmente a seconda delle necessità dello studio LCA.

Legep è uno strumento di supporto alla progettazione che permette non solo una valutazione LCA dei progetti, ma anche una valutazione LCC. Questi obiettivi vengono raggiunti tramite l'utilizzo di 5 moduli integrati nel software, costituiti rispettivamente da: Costi, Energia, Life Cycle Costs, Life Cycle Assessment, Materiali e salute. Inoltre, è compatibile con il sistema tedesco di certificazione ambientale DGNB, con quello per l'edilizia sostenibile BNB, oltre che con lo standard GAEB per lo scambio dei dati tra gli attori del processo.

## **2.2 Ecosoft in Austria**

Ecosoft è un software per la valutazione ambientale di sistemi costruttivi ed edifici sviluppato a partire dal 1998 da IBO. Il suo utilizzo viene promosso come strumento di supporto alla progettazione di edifici residenziali dal governo austriaco, che fornisce finanziamenti ai progetti che dimostrano di essere a ridotto impatto ambientale. Per ampliarne la diffusione sul territorio, inoltre, esso è stato convertito in uno strumento online, in modo tale da agevolarne il commercio, ridurre i costi di manutenzione e aggiornarlo costantemente con il database dei profili ambientali. Basato su Microsoft Excel, esso consente la scomposizione dell'edificio secondo i diversi pacchetti tecnologici, composti dalle diverse stratigrafie dei vari materiali. Per ogni strato l'utente indica lo spessore, oltre che la quota percentuale in volume del materiale presente nello strato. Successivamente seleziona dalla banca dati il rispettivo materiale da costruzione, assegnando in questo modo la massa volumica e la durata del materiale, parametri che in realtà possono essere modificati per ciascun elemento. La versione completa del software rientra nella fascia bassa dei costi (inferiore ai 500 €), ma è disponibile anche una versione educativa e un test gratuito, grazie al quale dopo aver effettuato il login è possibile editare il proprio edificio.

Il software permette di effettuare un'unica tipologia di studio, anche se l'utente è libero di decidere se considerare l'intero ciclo di vita o se focalizzarsi su una o più fasi specifiche. La banca dati IBO di riferimento (adattamento alla situazione austriaca del database Ecoinvent) include attualmente oltre 500 materiali da costruzione, ciascuno dei quali comprende 30 diversi indicatori ambientali, tutti elaborati mediante il programma SimaPro basato su CML2 Baseline 2001.

Il metodo di calcolo è quindi unitario e considera tutti i processi che interessano il prodotto fino al cantiere, permettendo di stimare l'impiego di materiali, trasporti ed energia, così come le emissioni in aria, nel suolo e in acqua e la produzione di scarti e rifiuti. La banca dati viene costantemente aggiornata e arricchita tramite la piattaforma digitale gratuita Baubook, che contiene oltre 3.500 prodotti con le relative EPD disponibili e dove i produttori hanno la possibilità di eseguire un'autocertificazione. In un futuro, probabilmente saranno implementati all'interno del sistema anche altri database, come ökobau.dat, per offrire una scelta sempre più ampia ai professionisti del settore.

Gli indicatori ambientali in uscita sono principalmente tre: il riscaldamento globale, l'acidificazione e il consumo totale di energia primaria non rinnovabile. Da questi viene poi ricavato l'indice ecologico delle costruzioni edilizie  $OI3_{Kon}$  calcolato per 1 m<sup>2</sup> di struttura e compreso tra 0 e 100 punti. Nei prossimi mesi questi indicatori ambientali verranno implementati con quelli già inclusi all'interno della banca dati Baubook, tra i quali: l'eutrofizzazione e la creazione di ossidanti fotochimici.

Ecosoft permette di valutare le prestazioni ambientali degli edifici e i relativi impatti, includendo i sistemi HVAC, per cui è in corso lo sviluppo di nuovi eco-indicatori specifici e può essere esportato in altri programmi ad esempio per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, offrendo un'ampia gamma di applicazioni. Debolezza principale del sistema è però la mancata possibilità di eseguire il Life Cycle Costing del progetto e l'attuale carenza di interoperabilità con gli strumenti comuni utilizzati da architetti ed ingegneri, quali CAD e BIM, funzioni che però si prevede di integrare in un prossimo futuro.

### **2.3 Elodie in Francia**

Elodie è un strumento atto alla valutazione delle prestazioni ambientali di un edificio durante l'intero ciclo di vita. Esso è stato sviluppato dal CSTB, che nel 2008 ha messo online la versione beta del software. In questo modo, prima di metterlo in commercio, è stato testato da numerosi studi di progettazione e responsabili di progetto che, attraverso la grande quantità di feedback, hanno permesso di migliorare lo strumento. Le licenze sono state rilasciate ai progettisti a partire dal 2010, dopo un corso di formazione obbligatorio per il suo utilizzo, al fine di evitare i pericoli legati alla distribuzione gratuita del prodotto. Il software, costituito da una struttura modulare, consente di calcolare l'energia incorporata, le emissioni di gas serra, i rifiuti generati, il consumo di acqua, ecc. durante l'intero ciclo di vita. Inoltre esso è in grado di mostrare le informazioni relative al comfort acustico, alla qualità dell'aria interna e al costo complessivo della costruzione. Anche in questo caso l'edificio viene suddiviso in una serie di pacchetti tecnologici, all'interno dei quali vengono inseriti i vari materiali, espressi in volume, peso o superficie. Questo passaggio non è necessario all'interno della versione completa del software che include la possibilità di importare direttamente il modello BIM del progetto. La licenza integrale, costituita da Elodie ed eveBIM, è disponibile sul mercato all'interno della fascia media dei costi, ma il prezzo varia in relazione al numero di utenti. È stata poi mantenuta la versione beta del software accessibile gratuitamente online.

Prima di iniziare l'utente può scegliere se eseguire una valutazione semplificata o una valutazione completa del progetto, anche se la loro definizione non corrisponde con quella fornita da EeBGuide. Il software si interfaccia direttamente con il database interno INIES, che include circa 400 EPD (chiamate in francese FDES) per i materiali da costruzione e circa 300 PEP per apparecchiature elettriche, elettroniche e impianti HVAC. Entrambe le informazioni ambientali vengono calcolate considerando l'intero ciclo di vita dei prodotti, dall'estrazione delle materie prime alla fase di fine vita, includendo i carichi ambientali dovuti ai trasporti, alla messa in opera, all'utilizzo e alla dismissione del prodotto. Tutte le informazioni presenti nel database vengono fornite volontariamente dai produttori e dalle associazioni di settore sulla base dell'analisi del ciclo di vita, conforme ai requisiti normativi francesi ed europei.

Gli indicatori ambientali in uscita, definiti in coerenza con il metodo CML 2001, sono quindici: l'energia primaria totale, somma tra l'energia rinnovabile e non rinnovabile, l'esaurimento delle risorse abiotiche, il consumo di acqua, i rifiuti pericolosi, non pericolosi e inerti, il riscaldamento globale, l'acidificazione, l'inquinamento atmosferico, l'inquinamento delle acque, la riduzione dello strato di ozono, la creazione di ozono fotochimico e l'eutrofizzazione. Altri indicatori stanno per essere implementati in accordo con lo standard EN 15978.

Grande potenzialità offerta dallo strumento è quella di poter compiere uno studio ambientale completo degli edifici, rispondendo ai criteri di HQE Performance e includendo le informazioni relative al comfort acustico, alla qualità interna dell'aria e al costo complessivo del progetto. Fattore decisivo, però, è l'interoperabilità con i modelli BIM attraverso file in formato IFC. Tale compatibilità con gli strumenti comunemente utilizzati all'interno delle strutture di progettazione, consente un risparmio reale di tempo e un aumento considerevole della produttività. By-passando l'elaborazione dei computi metrici, infatti, i modelli BIM possono essere importati in Elodie, dove acquisiscono tutte le informazioni relative all'edificio lungo l'intero ciclo di vita.

### **3. Conclusioni**

Mettendo a confronto le caratteristiche e le informazioni relative ai software LCA per l'edilizia, è evidente come lo strumento austriaco Ecosoft si presenti come quello più semplice e con minori funzionalità incorporate. Al contempo esso appare più comprensibile anche ad un pubblico non esperto (notare che è uno strumento promosso dal ministero). Legep ed Elodie sono software più sofisticati e completi e offrono all'utente maggiori funzionalità, tra cui il LCC. Nonostante le operazioni concesse all'interno di entrambi i software siano più o meno le medesime, si può affermare che Elodie permetta una maggiore ottimizzazione del processo, dal momento che risulta perfettamente interoperabile con i modelli BIM. I software presentano differenti livelli di accessibilità economica: Legep si colloca in fascia alta (costo maggiore di 5.000 €) mentre Ecosoft risulta particolarmente accessibile collocandosi nella fascia bassa (costo inferiore ai 500 €). All'interno dei tre software, inoltre, i database di riferimento sono differenti l'uno dall'altro e appaiono principalmente legati al contesto nazionale, come testimoniato anche dalla lingua del prodotto.

Unica eccezione è costituita da Legep che permette all'utente di scegliere la banca dati da utilizzare, includendo il database Ecoinvent. Gli indicatori ambientali in uscita, in versione ridotta in Ecosoft, risultano simili negli altri software, anche se non è detto che la metodologia alla base sia la medesima.

In conclusione, alcune considerazioni relativamente agli aspetti che caratterizzano l'impiego del metodo LCA in edilizia e dei software ad esso correlati. Innanzitutto la qualità delle informazioni in ingresso. Esse possono essere di fonte primaria, quando sono riferite ad EPD specifiche di prodotto, o di fonte secondaria, quando fanno riferimento ai prodotti generali presenti nelle banche dati. L'inclusione di EPD riferite a prodotti specifici, all'interno dei database adoperati nei software, porta sicuramente alla definizione di una valutazione LCA più accurata e realistica. Promuovendo la raccolta di informazioni primarie, come i software analizzati fanno, incentiva i produttori a rilasciare gli eco-profilo dei prodotti, attivando un circolo virtuoso rivolto alla riduzione degli impatti ambientali. In secondo luogo la potenzialità (non sfruttata) degli strumenti di orientare le scelte dei progettisti a partire dalle prime fasi del progetto. A differenza degli altri settori industriali dove il metodo LCA può essere applicato a prodotti finiti che vengono poi migliorati e rimessi in commercio, in edilizia tale processo non è possibile. Effettuare la valutazione a prodotto finito, come generalmente avviene, aiuta sicuramente a capire l'entità del carico ambientale ma non permette ai progettisti di ottimizzare il progetto. Infine è fondamentale la compatibilità dei software LCA con quelli comunemente utilizzati durante l'iter progettuale per l'elaborazione e la gestione del progetto (strumenti tradizionali come il CAD o "all'avanguardia" come il BIM). Tale interoperabilità risulta determinante e, soprattutto in riferimento al BIM, offre enormi potenzialità per agevolare l'introduzione del LCA all'interno del processo decisionale durante l'iter progettuale.

#### **4. Bibliografia**

Ahmad Jrade and Farzad Jalaei, Tsinghua University Press, 2013. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage.

Appu Haapio, Pertti Viitaniemi, Helsinki University of Technology, 2008. A critical review of building environmental assessment tools.

EeBGuide, 2012. Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Buildings Initiative.

Ricky Speck, Susan Selke, Rafael Auras and James Fitzsimmons, Yale University, 2015. Life Cycle Assessment Software: Selection Can Impact Results.

The American Institute of Architects, 2010. AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice, New York.

<http://www.ibo.at>; <http://legep.de>; <http://www.elodie-cstb.fr>