

ALDO LEPIDI<sup>1</sup>

## Luigi Pasteur: alle radici delle rivoluzioni verdi, antropologiche, epidemiologiche e demografiche dei nostri tempi (nel ricordo di Onorato Verona e Gino Florenzano)

<sup>1</sup> Università dell'Aquila

LOUIS PASTEUR

Grandi scienziati, riconosciuti come tali per generazioni e generazioni, sono quelli che oltre ad avere grandi meriti scientifici hanno la fortuna di operare nel momento giusto e nel modo giusto perché la loro opera abbia grandi effetti nella cultura e nella società.

L'Accademia dei Georgofili celebra nel 2022 il secondo centenario dalla nascita di Louis Pasteur, grande scienziato e grande uomo che con l'Accademia condivide spirito e valori.

L'Institut Pasteur, depositario della sua memoria ed erede della sua opera, celebra la ricorrenza dedicandola a tre ambizioni che la sua vita e i suoi scritti fanno riconoscere come "spirito di Pasteur":

1. utilizzare in modo vigoroso l'approccio scientifico basato sullo studio, rigore, spirito critico, prove ottenute sperimentalmente, perseveranza;
2. ferma convinzione circa il carattere umanistico e universale, circa il ruolo e le finalità della scienza nella società e nel mondo; in altre parole, a rischio di sembrare utopico, la scienza deve essere dedicata a migliorare la salute di tutti nel mondo;
3. infine il desiderio di trasmettere alle future generazioni non solo la conoscenza scientifica attraverso l'educazione e la formazione, bensì anche il modo di condurre la ricerca con la preoccupazione di migliorare la salute umana (<https://www.pasteur.fr/en/bicentenary-2022>).

## IL PRIMO CENTENARIO: I MICROBI INFETTIVI

La seconda delle suddette tre ambizioni (ferma convinzione che la Scienza e la Microbiologia in specie abbiano ruoli, obiettivi e responsabilità nella qualità della vita dell'intera umanità) non figura tra le eredità di Pasteur riconosciute nelle celebrazioni del 1922, primo centenario della nascita dello scienziato. Gli atti e le memorie pubblicate nell'occasione ricordano Pasteur in modo quasi esclusivo per i lavori pionieristici dedicati alle malattie infettive, tralasciando altri ambiti di ricerca che pure sono presenti e fondamentali nei lavori dello scienziato. In quegli anni, del resto, c'erano solide ragioni per dare priorità alle malattie infettive: la transizione epidemiologica avrebbe avuto inizio non prima di un mezzo secolo, le malattie infettive erano nemici senza appello: la Spagnola aveva appena devastato l'intero pianeta e il morbillo, la tubercolosi, la lebbra, la sepsi e tante altre ancora erano incubi di ogni giorno.

## IL SESQUICENTENARIO: AGRO-INDUSTRIA, SUOLO, ANTIBIOTICI

Nel 1972, per i 150 anni dalla nascita dello scienziato la copertina di «Science» riporta un meraviglioso dipinto per mano di Pasteur: il ritratto di Pierre-Joseph Gaidot, bottaio di Arbois, un acquerello del 1838 quando, giovanissimo, seguiva ancora una precoce vocazione di pittore ([https://artsandculture.google.com/asset/pierre-joseph-gaidot-a-cooper-in-arbois-louis-pasteur/1wFG\\_GtFZvb3TQ?hl=fr](https://artsandculture.google.com/asset/pierre-joseph-gaidot-a-cooper-in-arbois-louis-pasteur/1wFG_GtFZvb3TQ?hl=fr)). Le celebrazioni pasteuriane si susseguono in quell'anno in molti Paesi con convegni, giornate di società scientifiche, collane di pubblicazioni, francobolli. Da noi in Italia, Onorato Verona consegna alle stampe, con i tipi della UTET, un *opus magnum* (*Opere* di Louis Pasteur) in cui ricostruisce, in modo fedele e appassionato, i percorsi mentali, metodologici e morali con cui Pasteur apre orizzonti innovativi in ambiti diversi delle conoscenze, microbiologiche e non solo. Il poderoso lavoro di Verona evidenzia e valorizza dettagli della forte e complessa personalità dello scienziato, le sue passioni, i suoi ideali, la sua vita e il suo animo. In tanti altri Paesi si daranno alle stampe edizioni dedicate a Pasteur e traduzioni delle sue opere.

Le celebrazioni pasteuriane nel 1972 avvengono in un ambiente culturale e in un quadro di realtà sociali diversi da quelli del 1922. Il mondo, scientifico e non, è cambiato e sta seguitando a cambiare da tanti punti di vista. Per quanto di interesse in questa sede e a solo titolo indicativo possiamo citare alcune delle novità importanti allora intervenute:

- la scoperta dei virus e la descrizione di interi nuovi ordini di batteri, lieviti e muffe danno dei microbi una visione nuova e ricca di potenzialità conoscitive e applicative soprattutto nell'agricoltura e nell'alimentazione;
- un modo nuovo di vedere i batteri e i microbi in generale che sono considerati non più solo o fondamentalmente come agenti patogeni ma quali primi attori in eventi fondamentali per la produzione di beni (agro-alimentare, farmaci) e servizi (depurazione, cicli biologici, fertilizzanti...). Già nel 1946, Verona aveva dato alle stampe con i tipi della Vallerini un significativo volumetto che nel titolo poneva la domanda *I Microbi sono veramente dannosi?*, in cui descrive alcuni casi emblematici, ma sottovalutati o ignorati, di enormi benefici realizzati dalle attività microbiche. Florenzano qualche tempo dopo avrebbe ripreso il concetto in una memoria dal titolo *I Macroeffecti dei nostri Microamici*. Questi due scienziati e maestri (Verona e Florenzano), proprio in coincidenza con il sesquicentenario di Pasteur avrebbero portato a realizzazione in Italia due scuole di Microbiologia di diretta ispirazione pasteuriana con il riconoscimento da parte del CNR di due Centri di Studio dedicati appunto alla Microbiologia ambientale, agraria e alimentare: il Centro di Studi per la Microbiologia del Suolo (a Pisa) e il Centro di Studio dei Microrganismi autotrofi (a Firenze). Questi Centri avrebbero dato un prezioso contributo alle nostre strutture universitarie che stavano faticosamente agganciando la ricerca italiana alle cordate internazionali di maggior successo;
- l'utilizzo della genetica e della fisiologia microbica (nel quadro di una ormai solida consapevolezza dell'unicità del mondo dei viventi) quali modelli per migliorare piante coltivate e animali allevati, per razionalizzare l'alimentazione umana e zootecnica e quali strumenti per l'agro-industria, la farmaceutica e le nascenti produzioni biotecnologiche;
- l'uso terapeutico degli antibiotici e le vaccinazioni di massa sono la solida base di una nuova sanità e, assieme alle conoscenze sulla nutrizione, di un nuovo modo di intendere la qualità della vita e il benessere delle persone e delle società.

Nel 1972 erano già attive, ma non avevano ancora espletato pienamente i loro effetti, la rivoluzione verde, la transizione epidemiologica e la transizione demografica. A 50 anni di distanza, siamo testimoni della profondità delle trasformazioni intervenute nel campo alimentare, in quello delle malattie (trasmissibili e non), come pure nella struttura e nell'organizzazione interna delle nostre popolazioni.

## IL BICENTENARIO DEL 2022: TRANSIZIONI E RIVOLUZIONI

*jusqu'au moment où vous aurez peut-être cet immense bonheur  
de penser que vous avez contribué en quelque chose  
au progrès et au bien de l'humanité*

Louis Pasteur alla Sorbona

27 dicembre 1892, giubileo per i suoi 70 anni

Le celebrazioni programmate dall'Institut Pasteur, di cui abbiamo parlato in apertura, sottolineano il solido collegamento che Pasteur stabiliva tra modi nuovi e più efficaci di fare scienza con l'ambizione di dare all'umanità nuovi, più nobili e più efficaci orizzonti umanistici e umanitari. Il bicentenario di Pasteur sta coincidendo con la pandemia di Covid-19 il cui controllo vede un ruolo inestimabile per vaccini innovativi, ottenuti con percorsi costellati di genialità e passione nello stile pasteuriano.

L'intero periodo dei 50 anni trascorsi dopo il 1972 è stato intenso come pochi con trasformazioni che rimodellano profondamente la vita e il futuro di tutti gli esseri umani e rendono prezioso il collegamento che Pasteur stabiliva tra la scienza e la soluzione di problemi di primario rilievo per l'umanità. In estrema sintesi possiamo riassumere queste trasformazioni in questi due punti:

- le rivoluzioni ICT e biomolecolare, dopo la ottocentesca rivoluzione termica e quella elettrica del XX secolo, stanno rifondando alla radice aspetti basilari della vita umana;
- consumi non regolati di energie e di materiali, secondo modelli di sfruttamento basati sul profitto individuale, pregiudicano le qualità fisiche chimiche e biologiche dell'ambiente Terra con estinzioni di massa di cui potrebbe restare vittima lo stesso *Homo sapiens*.

Queste trasformazioni formano intrecci difficili da comprendere e da governare. Alcune di esse, di impatto diretto su specifici aspetti della vita delle persone, delle società e degli Stati sono state chiaramente individuate a livello internazionale (scientifico e geopolitico) e sono indicate con specifiche denominazioni: rivoluzione o transizione variamente aggettivata (demografica, epidemiologica, verde o alimentare, climatica, ecologica, industriale, socio-economica ...).

Si tratta di numerose realtà composite e complesse, evidentemente il risultato di numerose concause. Tra quelli che l'analisi fattoriale definirebbe "fattori principali" vanno messe senza dubbio l'alimentazione e la salute, indicate nelle dizioni rivoluzione verde e transizione epidemiologica. Il superamento

della fame endemica o ricorrente e del prevalere delle malattie infettive quale causa più frequente di morte sono effettivamente “fattori principali” che la scienza ha consentito di ottenere per la prima volta nell’ultimo mezzo secolo.

Entrambe queste fondamentali novità che plasmano la nostra epoca hanno radici in conquiste conoscitive e tecnologiche nelle quali è riconoscibile e documentabile storicamente, in modo diretto o indiretto, l’impostazione (*imprinting*) data alle discipline microbiologiche dai padri fondatori, con Luigi Pasteur in una indiscussa posizione dominante. Norman Borlaugh, il padre della Rivoluzione Verde (RV), aveva come citazione preferita una frase di Pasteur «la chance ne sourit qu’aux esprits bien préparés». Nella traduzione dello stesso Borlaugh: «luck favours only prepared mind».

Per RV si intende l’insieme di innovazioni agronomiche basate sulla scienza moderna (con specifico rilievo per il miglioramento delle cultivars e l’ottimizzazione della loro nutrizione) da cui sono derivati aumenti impressionanti della produttività agricola soprattutto nelle aree irrigue e naturalmente fertili. La RV si è diversificata a seconda delle aree geografiche e seguita a evolvere per moderare o rimuovere alcuni problemi derivati dalla sua applicazione. Adeguamenti recenti, indicati come RV 2.0, assomigliano a una rifondazione dell’agricoltura, realizzata integrando conoscenze e tecnologie dalla genomica alle applicazioni informatiche.

L’aumento della disponibilità e la standardizzazione della qualità dei prodotti primari ha favorito l’espansione senza precedenti della loro conservazione, trasformazione e commercializzazione su scala praticamente planetaria (la grande trasformazione alimentare e la grande distribuzione alimentare).

L’uomo è l’unico eterotrofo capace di produrre il proprio alimento. Lo ha fatto dapprima in modo empirico e limitato per mano degli agricoltori e dei pastori e poi, in modo molto più efficace, con i contributi della scienza e delle tecnologie. I dissapori tra Caino, “il coltivatore”, e Abele, “il pascolatore” (emblematici della competizione plurimillennaria per l’uso del territorio), sono messi in ombra dall’appropriazione che la trasformazione-distribuzione sta facendo nei confronti delle produzioni agricola e zootecnica alle quali viene sottratta una quota maggioritaria del controllo della filiera che porta alla disponibilità alimentare. L’antica preziosa madia che custodiva pane e formaggio di casa, è sostituita dai chilometri di scaffalature dei tanti supermercati, ipermercati, minimercati... che a partire dal Piggly Wiggly di Memphis (TN), aperto nel 1916, traboccano di migliaia di prodotti alimentari a tutte le latitudini. Pur con alcune storture da rimediare (tra cui le pratiche commerciali che manomettono l’equa ripartizione dei proventi e la dannosa promozione dei cibi spazzatura) in questi ultimi decenni il contributo dell’agro-industria al mantenimento e all’accrescimento del valore nutrizionale e commerciale

degli alimenti supera di diverse grandezze quello della produzione primaria (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4116081/>).

E infatti, nel 2021 il valore del prodotto lordo/anno delle produzioni vegetali e zootecniche su scala globale è stimato intorno a 3.500 miliardi di \$ (<https://www.fao.org/3/cb4477en/cb4477en.pdf>) mentre il valore del mercato degli alimenti, a valle della trasformazione e della commercializzazione, è stimato tra 12.000 e 16.000 miliardi di \$ (<https://voxeu.org/article/structural-transformation-era-global-agricultural-value-chains>).

La complementazione ormai dominante tra la grande distribuzione alimentare e la sua associata, la grande trasformazione alimentare sta modificando le politiche delle agenzie ONU preposte alla sicurezza alimentare.

In particolare, UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) nell'ambito dei SDGs (Sustainable Development Goals fino al 2030) promuove la diffusione di Parchi Agro-industriali Integrati (IAIP nell'acronimo inglese) e fornisce completa assistenza alla loro realizzazione. Agricoltori e allevatori garantiscono i propri interessi diventando protagonisti della trasformazione/commercializzazione dei loro prodotti primari (<https://www.unido.org/integrated-agro-industrial-parks>).

La FAO, nei limiti delle sue competenze istituzionali, condivide gli obiettivi e i programmi dei SDGs (<https://www.fao.org/publications/sofa/sofa-2021/en/>) e li finalizza a promuovere la “food security” assieme alla “food safety”: la garanzia universale di accesso a una alimentazione adeguata, sufficiente e di elevata qualità nutrizionale.

Ai prodotti della terra si aggiungono i prodotti dei prodotti della terra. Agricoltura e pastorizia, che hanno accompagnato le civiltà umane dai loro albori e che per questo sono il primario, si stanno evolvendo verso il “primario esteso” (con linguaggio postmoderno si potrebbe dire “primario 2.0”) un complesso modello scientifico e tecnologico che risolve i prodotti primari nelle loro componenti fisiche, chimiche e biologiche e ricomponе queste ultime moltiplicandone il valore nutrizionale, sociale, economico e geopolitico.

L'Accademia che ci ospita e che, fin dal 1753, seguita a «fare continue e ben regolate esperienze ed osservazioni, per condurre a perfezione l'Arte tanto giovevole della toscana coltivazione», ha accompagnato l'evoluzione del mondo agricolo italiano, europeo e mondiale anticipandone nel tempo fondamentali realizzazioni. È in larga parte per questo che la rivoluzione verde ha avuto una minore evidenza in quei paesi, come il nostro, nei quali le innovazioni basilari erano nate e si erano progressivamente affermate da decenni. Il passaggio verso il “primario esteso” pone all'Accademia istanze analoghe.

Il contributo della microbiologia di impronta pasteuriana, che è già importante nel primario, diventa ancora più determinante nel primario esteso dove

conservazione, trasformazione e commercializzazione sono i fattori principali da cui deriva la disponibilità e l'utilizzo degli alimenti.

Le moderne tecnologie alla base della grande trasformazione e della grande distribuzione alimentare sono diretta conseguenza delle ricerche pionieristiche di Pasteur su fermentazioni, trattamenti termici, filtrazione, vita senza aria, stereochimica. Dopo l'eponimo dei "coltivatori" di piante e quello dei "pascolatori" di animali, con Pasteur possiamo trovare l'eponimo dei "trasformatori" che vedono nei microrganismi i contributori prioritari.

Come nel caso delle ricerche sulla microbiologia sanitaria, anche nella trasformazione degli alimenti risulta con tutta evidenza la natura esponenziale degli effetti euristici e pratici delle ricerche di Pasteur che seguitano a dare frutti sempre crescenti con il passare del tempo.

Ancora più evidente è il collegamento dell'eredità di Pasteur con la transizione epidemiologica, diverse e complesse trasformazioni della società che si realizzano con percorsi differenti ma portano al risultato di abbattere la mortalità per infezioni (soprattutto per malattie infettive) con il risultato che le cause prevalenti di mortalità diventano le patologie degenerative (diabete, ipertensione, cardiopatie, tumori ...) o altre causate dall'uomo (guerre, distruzione di risorse, incidenti...).

Pasteur è per consenso unanime uno dei più illustri precursori della transizione epidemiologica per essere egli tra i fondatori dell'epidemiologia, dell'immunologia e della prevenzione e cura delle malattie infettive.

Un contributo diretto alla transizione epidemiologica è dato dalla rete degli Institut Pasteur che è formata da 32 istituti in 25 Paesi in 5 continenti. Gli scienziati impegnati sono circa 23.000 e si occupano di poco meno di un migliaio di progetti dedicati alla tutela della salute intesa fino a qualche decennio fa come studio, prevenzione e monitoraggio delle patologie infettive ed evoluta in tempi recenti, con l'inclusione dello studio, monitoraggio e prevenzione della denutrizione e della malnutrizione, in evidente adesione alla storia personale di Pasteur e alla complessità delle sue ricerche e in coerenza con i concetti e le politiche dell'One World One Health. In questo spirito si colloca il Progetto Afribiota, sviluppato interamente nella rete degli Institut Pasteur per conoscere e prevenire la malnutrizione cronica infantile. In Italia, l'Istituto Pasteur è sostenuto dalla Fondazione Cenci Bolognetti e dalle università locali.

Una delle attività più meritorie della rete degli Institut Pasteur sparsi per il mondo è il contributo al monitoraggio (in collaborazione con il WHO, la FAO, l'OIE e altre autorità sanitarie) delle patologie infettive riemergenti (quali tbc, malaria, colera, lebbra) e delle nuove patologie infettive (AIDS, SARS, MERS, Covid, Ebola, Hendra, Nipah e le diverse decine di *spillover* si-

lenti che fanno poche vittime al momento ma che potrebbero essere distruttivi da un momento all'altro). Recentemente, l'attenzione dei responsabili della sanità a vari livelli e quella degli Institut Pasteur va anche all'epidemiologia di obesità, diabete e neoplasie, considerate patologie a infettività sociale.

Le conseguenze sociali, economiche e ambientali della transizione epidemiologica, in sinergia con quelle della RV, sono epocali: le condizioni di buona salute e di benessere diffuso, mai conosciuti in precedenza si traducono in un incremento anch'esso senza precedenti della popolazione umana, indicata a sua volta come transizione demografica (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2690264/>).

Fino a tempi recentissimi, la numerosità delle popolazioni umane ha seguito andamenti rigorosamente malthusiani: le risorse che la natura metteva a disposizione ne erano il rigoroso fattore limitante e in più le carestie, le pestilenze e le avversità occasionali provocavano periodici colli di bottiglia con annesso pericolo di estinzione. I dati di sequenziamento di genomi umani, inclusi quelli di reperti paleoantropologici (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2842629/>), documentano estinzioni e/o migrazioni di popolamenti umani per carestie e altre avversità.

Si stima che ai tempi di Pasteur la popolazione umana si avvicinasse a 1 miliardo, cifra questa mai raggiunta in precedenza e prossima alla portanza naturalistica fondamentale del nostro pianeta. L'attuale esplosione demografica dell'umanità, con ca. 7.8 miliardi di persone viventi, supera ripetute volte la limitazione malthusiana delle risorse disponibili in natura e anche di quelle che un'agricoltura prescientifica poteva ottenere.

L'attuale alto numero degli esseri umani, che presuppone la capacità di garantirne l'adeguata nutrizione, è comunque un tesoro prezioso che dà la massa critica necessaria per produrre e gestire quei beni e quei servizi che consentono a una parte significativa dell'umanità di condurre quella che consideriamo una vita degna di essere vissuta (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3574335/>).

E per concludere, mi piace immaginare che Pasteur, per carattere e convinzioni, non si sottrarrebbe se oggi fosse in grado di esaminare e valutare *a posteriori* le conseguenze remote delle sue ricerche. Lo aveva già fatto *a priori* nel 1959, scrivendo a suo padre subito dopo aver presentato i suoi primi risultati sulle fermentazioni alla Société Quimique:

Ce n'est pas la forme de ces deux leçons qui les a séduits, c'est le fond, l'avenir réservé à ces grands résultats, si imprévus, et qui ouvrent à la physiologie des horizons tout nouveaux. J'ai osé le dire. Car à cette hauteur toute personnalité disparaît. Il n'y a plus que le sentiment de dignité qu'inspire toujours l'amour vrai de la science.



Evidenzierrebbe, mi piace pensare, il collegamento tra le sue scoperte (e quelle che in continuità ne sono seguite) con il laborioso e problematico avanzamento verso un mondo migliore e verso una umanità migliore: più numerosa, più sana e longeva, meglio nutrita e auspicabilmente più istruita e soprattutto più vicina alla verità (a iniziare da quella scientifica) e ai valori dello spirito, ai quali Luigi Pasteur ha dedicato convintamente la propria vita.

E sarebbe giustamente e dichiaratamente orgoglioso di sé stesso: il suo rispetto della verità non gli consentirebbe false modestie.

#### RIASSUNTO

I 200 anni dalla nascita di Pasteur cadono in un periodo di trasformazioni della vita dell'uomo (alcune positive, altre meno), così straordinarie da essere denominate rivoluzioni/transizioni (verdi, alimentari, sanitarie, demografiche...).

Tra i fattori di queste trasformazioni, l'eredità scientifica e culturale di Pasteur è riconoscibile e significativa:

- nelle transizioni epidemiologiche e demografiche (dell'uomo, degli animali, delle piante e degli stessi microrganismi);
- nelle rivoluzioni verdi e dell'intero comparto alimentare. In Italia la rivoluzione agro-alimentare si è sviluppata in un percorso plurisecolare i cui passaggi più recenti sono stati accompagnati anche da eredità pasteuriane (es. nelle scuole di microbiologia agraria pisana e fiorentina, legate all'Accademia dei Georgofili);
- nella genesi, evoluzione e controllo di complesse tematiche ambientali che vanno assumendo, anche per cause antropiche, andamenti e dimensioni allarmanti.

Pasteur era ben consapevole, e lo dichiara in più occasioni, delle valenze complesse e basilari dei microrganismi in ambiti diversi. I microbi, allora praticamente sconosciuti, in pochi decenni sono diventati fattori chiave degli equilibri sanitari demografici alimentari, hanno rivoluzionato le scienze della vita e consentito potenti tecnologie. Anche i valori che utilizziamo per definire il nostro essere umani, oggi non possono prescindere da ciò che sappiamo dei microbi e da ciò che sappiamo fare con i microbi.

#### ABSTRACT

*To the roots of the today's green, anthropologic, epidemiologic and demographic revolutions (and in memory of Onorato Verona and Gino Florenzano).* The second centenary of Louis Pasteur's birth occurs when human kind is facing transformations (some positive, others less so) so deep to deserve the name of Revolutions/Transitions (green, nutritional, epidemiological, demographical...). Among the factors of these transformations, Pasteur's scientific and cultural legacy is recognizable and significant:

- in the Epidemiological and Demographical Transitions (of humans, animals, plants, and microorganisms);

- in Green Revolutions, including the entire food sector. In Italy the agri-food revolution developed over a millennial path, the most recent steps of which have also benefited of Pasteurian legacies (e.g. in the Pisa's and Florence's schools of agricultural microbiology, linked to the Georgofili Academy);
- in Climate Changes and related issues, also due to anthropogenic causes, that are assuming alarming trends and relevance.

Pasteur was well aware, as He declared on several occasions, of the complex and basic relevance of microorganisms in various fields. Microbes, virtually unknown at that time, in a few decades have become key factors in food availability and demographic and health balances. Their scientific knowledges are now cornerstones of life science and their technological exploitation enables powerful technologies.

Even the values allowing mankind to consider ourself as humans, are now rooted in what we know about microbes and in what we can do with microbes.

## BIBLIOGRAFIA

- AMOS W. AND HOFFMAN J.I. (2010): *Evidence of two main Bottleneck Events shaped Modern human genetic Diversity*, «Proc. Biol. Sci.», 277, pp. 131-137.
- EHRlich P.R. AND EHLrich ANNE H. (2013): *Can a Collapse of global Civilization be avoided?*, «Proc. Biol. Sci.», 280, pp. 2012-2845.
- FAO (2021): *World Food and Agriculture Statistical Yearbook*, Rome.
- GALOR O. (2012): *The Demographic Transition: Causes and Consequences*, *Cliometrica*, 6, pp. 1-28.
- INSTITUT PASTEUR (2021): *The Bicentenary of Louis Pasteur Birth, Commemoration of the 2022 Bicentenary*, «The Research Journal», 12-14.
- OMRAN A.R. (2005): *The Epidemiologic Transition: A Theory of the Epidemiology of Population Change*, «Milbenk Quart.», 83, pp. 731-757.