

ASIGURAREA SECURITĂȚII ENERGETICE PRIN IMPLEMENTAREA CONCEPTULUI LOME (LEGUMINOASE, OLEAGINOASE, METANIZARE) ANALIZĂ COMPARATIVĂ: FRANȚA – REPUBLICA MOLDOVA

DOI: 10.5281/zenodo.4509365

CZU: 631.147(478+44)

Doctor în științe agricole **Eugeniu TRIBOI**

E-mail: triboi63@gmail.com.

Institutul Național de Cercetări Agronomice (INRA), Franța

INSURANCE OF THE ENERGY SECURITY BY IMPLEMENTING THE LOME CONCEPT (Leguminous, Oilseeds and Methanization). COMPARATIVE ANALYSIS: FRANCE – REPUBLIC OF MOLDOVA

Summary. In today's intensive agriculture, the three major goals – productivity, environment and energy, are not compatible because fossil fuels represent a "brake" on productivity: even if agricultural techniques have evolved, the negative effects on the environment will persist. On the other hand, if agriculture becomes a source of renewable energy, productivity would continue to increase and environmental management would become an agricultural reality, while agriculture would play a significant role in creating a decarbonized economy and achieving the country's two major goals – environment and energy. Thus, agriculture could become a priority in the sustainable development of the country.

To meet these objectives, there is suggested the concept of LOME: **Leguminous, Oilseeds and Methanization**, which by combining energy production and storable and marketable foods contributes to the compatibility of the three major objectives of agriculture (productivity, environment and energy) and profoundly changes the system production, with a major impact on the country's energy autonomy and the environment as well. In this system C-energy will be the main element exported and the other elements – N, P, S, K, Ca, Mg etc. will be recycled with anaerobic digestion products.

Two examples of the LOME system are presented in the article, one peculiar to the conditions of France and the other to those of Moldova. It also examines the current biomass production system for biofuels by means of the LOME system, which by definition is unprofitable as it does not use anaerobic digestion as an agricultural activity.

Keywords: sustainable agriculture, leguminous, oilseeds, methanization, renewable energy, environment.

Rezumat. În actuala agricultură intensivă cele trei obiective majore – productivitatea, mediul și energia nu sunt compatibile, deoarece combustibilii fosili reprezintă „o frână” a productivității: chiar dacă tehnicile agricole au evoluat, efectele negative asupra mediului vor persista. Or, în cazul în care agricultura ar deveni o sursă de energie regenerabilă, productivitatea ar continua să crească, gestionarea mediului ar deveni o realitate agricolă, iar agricultura va participa semnificativ la crearea unei economii decarbonatate și la realizarea a două dintre obiectivele majore – mediul și energia. Astfel agricultura ar putea deveni o prioritate în dezvoltarea durabilă a țării.

Pentru a răspunde acestor obiective, se propune conceptul LOME: **Leguminoase, Oleaginoase și Metanizare**, care prin combinarea producției de energie și a alimentelor stocabile și comercializabile contribuie la compatibilitatea celor trei obiective majore ale agriculturii (productivitate, mediu și energie) și schimbă în profunzime sistemul de producție, cu un impact esențial asupra autonomiei energetice a țării și al mediului. În acest sistem C-energie va fi elementul principal exportat, iar celelalte elemente – N, P, S, K, Ca, Mg etc. vor fi reciclate cu produsele digestiei anaerobe.

În articol sunt prezentate două exemple ale sistemului LOME, unul raportat la condițiile din Franța și altul la cele ale Republicii Moldova. De asemenea, este analizat, prin prisma sistemului LOME, sistemul actual de producere a biomasei pentru biocarburanți care prin definiție este sortit să fie nerentabil întrucât nu utilizează digestia anaerobă ca activitate agricolă.

Cuvinte-cheie: agricultură durabilă, leguminoase, semințe oleaginoase, metanizare, energie regenerabilă, mediu.

La 20–30 noiembrie 2019, la Bălți a avut loc Conferința internațională cu tema „Agricultura viitorului” și cu un mesaj provocator: „Cunoștințele actuale sunt suficiente pentru a propulsa agricultura sau ne lipsesc cunoștințe importante, fapt ce ne împiedică să trecem la o nouă agricultură capabilă să răspundă cerințelor actuale și viitoare ale societății?”. Circa 100 de cercetători și de experți implicați în evoluția agriculturii din SUA, Canada, statele membre ale UE, Republica Moldova, Ucraina, Rusia, fostele republici sovietice din Asia Centrală (Kazahstan, Uzbekistan) au făcut un schimb de opinii pertinent privind evoluția agriculturii la nivel regional și mondial, elaborând un șir de recomandări în acest sens.

DIAGNOSTICUL CRIZEI AGRICOLE ÎN VESTUL ȘI ÎN SUD-ESTUL EUROPEI

Franța, una dintre cele mai dezvoltate țări gata să facă față celei de-a treia „revoluții industriale” – digitalizarea –, este și cea mai mare țară agricolă din Europa cu o experiență reprezentativă pentru Occident, dar și bulversată de un șir de probleme. Or, după o creștere spectaculoasă a productivității agricole înregistrată în perioada postbelică, astăzi agricultura Franței a ajuns să stagneze, ba mai mult – se confruntă cu o criză perpetue.

În țările ex-sovietice agricultura rămâne o activitate economică principală, chiar dacă este departe de a-și valorifica potențialul. Analiza originii crizei agricole din Occident, în special din Franța, ar putea fi utilă inclusiv pentru Republica Moldova în vederea evitării traiectoriilor ineficiente și efectelor lor negative.

De menționat că în Franța criza actuală a fost îndusă de mai multe evenimente:

1. În anii 1959–1973, înlocuirea leguminoaselor (> 3 milioane ha) cu porumb furajer și paiști temporare (2,1 milioane ha) a condus la substituirea azotului de origine simbiotică cu o utilizare masivă a îngrășămintelor sintetice cu azot. Agricultura franceză a devenit dependentă de soia importată în special din Statele Unite ale Americii în așa măsură încât, în 1973, în urma secetei, SUA au stopat exportul soiei către Franța. În aceste condiții, *autonomia proteică* a fost declarată un obiectiv major al țării, care a luat decizia să dezvolte propriul său sector de producție a proteinelor prin dezvoltarea culturilor leguminoase și a culturilor oleoproteice. Ca răspuns, americanii au stabilit un embargo asupra oleaginoaselor. Prin urmare, anul 1973 poate fi considerat începutul crizei.

2. Cele trei șocuri petroliere din anii 1973, 1979 și 2008 au provocat o creștere vertiginoasă a prețului la energie, investiția principală în agricultură devenind

îngrășămintele minerale și mai ales azotul. Autonomia energetică și cea a azotului devin o preocupare esențială.

3. Intensificarea agriculturii și utilizarea excesivă a îngrășămintelor minerale și a produselor fitosanitare au avut efecte negative asupra mediului, precum și a calității produselor alimentare. Mediul ambiant și calitatea produselor devin preocupări strategice la nivel național și internațional.

4. O supraproducție relativă cauzată de situația internațională, de organizarea sectoarelor și de creșterea productivității a creat dificultăți în valorizarea internă și externă a produselor agricole. La nivelul UE, se prevede un surplus de 30 de milioane de hectare de teren agricol, care nu sunt necesare pentru industria alimentară și nici nu servesc drept bază pentru producția de lapte și carne. Din aceste motive, misiunea agriculturii se lărgeste prin asocierea producției de biomasă cu transformarea ei. Aceasta este preocuparea esențială a Bioeconomiei.

În est, în fostele țări socialiste, situația a fost diferită. În URSS a avut loc colectivizarea forțată, soldată cu crearea fermelor mari de stat (sovhozuri) și a gospodăriilor colective (colhozuri) în care să se poată implementa tehnologiile noi de mecanizare și chimizare pentru a se obține o productivitate maximă. Cu toate acestea, ideologia nu a putut înlocui tehnologia, iar agricultura sovietică și-a demonstrat ineficiența. În plus, impactul negativ asupra mediului și calitatea produselor au fost neglijate.

După anii 1990 a demarat procesul de privatizare, însoțit de fondarea fermelor individuale mici (< 50 ha) și a fermelor mari de câteva sute de hectare. Tehnologia agriculturii occidentale intensive, cu spiritul său productivist, a fost importată însă fără a se lua în seamă sustenabilitatea sistemului. În consecință, finanțarea din fonduri europene condiționa respectarea unor criterii de mediu și de calitate impuse de liberalizarea piețelor.

Factorii politici și tehnocrații din agricultură au abordat această criză recurentă ca fiind cauzată de prețurile scăzute pe care le-au condiționat sectoarele industriale și de distribuție, de supraproducția economiei internaționale etc., de structurile fermelor, normele și standardele promovate de UE, epizootiile, schimbările climatice etc. Până la urmă, o situație de urgență s-a gestionat cu „bandaje”: au fost redresate prețurile, restructurate datoriile, reduse taxele, amânate plățile pentru anumite impozite și contribuții sociale etc. Asemenea măsuri în Franța au afectat 200 000 de fermieri, iar pentru contracararea lor a fost nevoie ulterior de aproape un miliard de euro.

MISIUNEA AGRICULTURII ÎN DEZVOLTAREA DURABILĂ A EUROPEI

Europa nu este un continent omogen, întrucât țările care o compun au avut traiectorii de dezvoltare diferite. În secolul al XV-lea, Constantinopolul a căzut, dar a reușit să-și transmită cunoștințele în Occident. Aceasta este originea Renașterii, care a dus ulterior la cele două revoluții industriale din secolele al XVIII-lea și al XIX-lea. Ele au impulsionează o dezvoltare economică rapidă, mai întâi bazată pe agricultură și apoi pe industrie. În est, dominația otomană a împiedicat o atare evoluție, nu a existat o „Renaștere” și, prin urmare, nici dezvoltare industrială. În consecință, agricultura a rămas principala activitate care stă la baza dezvoltării economice.

Acest lucru explică faptul de ce astăzi PIB-ul pe cap de locuitor în țările din Europa de Vest este de 30-40 mii EUR, contribuția agriculturii fiind de aproximativ 1 % (Franța – 1,6 %, Germania – 0,7 %), iar la Est – de circa 20 mii EUR, din care peste 3 % provin din agricultură (România – 4,3 %, Moldova – 10,3 %), în pofida creșterii de cinci ori a productivității în agricultură.

Prin urmare, agricultura nu mai este domeniul care condiționează dezvoltarea viitorului, bazat pe tehnologii înalte, digitalizare, robotică, inteligență artificială etc. Această nouă revoluție necesită capital și cunoștințe pe care agricultura nu le poate oferi. Paul Romer și William Nordhaus, laureații Premiului Nobel pentru economie din 2018, au atenționat că dezvoltarea ulterioară necesită capitaluri și cunoștințe, dar trebuie să țină cont și de consecințele asupra mediului și a resurselor naturale. Totodată, revoluția industrială a provocat modificări nebanuite la nivelul biosferei. Impactul negativ asupra climei, resurselor naturale și biodiversității este atât de tranșant, încât ar putea influența dezvoltarea viitorului în pofida progresului științific. Iată de ce stoparea și anihilarea efectelor nefaste a devenit un obiectiv major. În consecință, Premiul Nobel pentru economie din 2018 a fost acordat cercetătorilor în domeniul dezvoltării durabile și impactului asupra mediului.

Întrucât energia este și va fi cheia viitorului, Europa depinde în mare măsură de utilizarea energiilor non regenerabile, în principal, de gaze și petrol. În Franța combustibilii fosili reprezintă aproximativ 70 % din consumul total, dintre care 97 % sunt importați. Această situație induce un deficit comercial de aproximativ 70 miliarde EUR, ceea ce constituie circa 90 % din deficitul comercial total. Crearea autonomiei energetice prin dezvoltarea energiilor regenerabile a devenit un obiectiv strategic pentru toate țările. Chiar și la est, în pofida industriilor mai puțin dezvoltate,

energia constituie o miză prioritară pentru dezvoltare ce necesită un surplus de energie.

În acest context global agricultura ar trebui să răspundă la trei obiective majore:

1. Securitatea alimentară. În secolele XII–XIX omenirea s-a confruntat cu 10-16 perioade de foamete pe secol. Progresul tehnico-științific a contribuit la securitatea alimentară, astfel încât astăzi principala problemă nu mai este de ordin cantitativ, ci nutrițional (supraalimentare, obezitate etc.). Totuși, la nivelul planetei și în perspectiva celor 9 miliarde de locuitori, există un risc ridicat de insecuritate alimentară, în special în Africa, pentru țările care importă cereale. Iată de ce unii economiști au lansat sloganul „hrănește planeta”, care justifică supraproducția și cursa pentru productivitate pe motiv că deficiența alimentară este o urmare a sărăciei, conflictelor armate, secetei, migrației, proastei guvernări ș.a., dar nu a potențialului agricol local [1]. Pe de altă parte, există un alt curent, care recomandă „diminuarea creșterii economice” pentru a putea regla efectele negative ale supraproducției: prețuri mai mici, depozitare, mediu etc.

Întrebarea este dacă aceste două alternative consumă șansele umanității sau există o a treia posibilitate prin care, beneficiind de noile rezultate ale cercetării, e posibil de sporit productivitatea, păstrând sau chiar îmbunătățind mediul ambiant?

În primul rând, menționăm că, datorită fotosintezei, plantele folosesc energia solară pentru a produce glucoză din CO₂ din aer. Apoi, o parte este folosită ca sursă de energie pentru creștere, iar restul este păstrat sub diferite forme solubile (amidon, lipide, celuloză, lignine etc.) sau, împreună cu azotul mineral din sol sau gazos din aer, la sinteza proteinelor. Boabele de cereale (porumb, grâu), de exemplu, conțin aproximativ 90 % carbon (C) organic, din care peste 70 % se prezintă sub formă de amidon. La alte specii care au capacitatea de a stoca proteine, având în vedere că pentru sinteza lor se consumă glucoza care furnizează carbonul structural, dar și energia necesară sintezei (0,85 kcal/g proteină), proporția de compuși ai carbonului va fi mai mică. Astfel, conținutul de proteine din leguminoase este de 3-4 ori mai mare decât în cereale. Dintre leguminoase, mazărea și fasolea au o compoziție similară cu cerealele: în jur de 70 %-60 % C sub formă de amidon. O adevărată fabrică de lipide și proteine este soia. De menționat că cea mai mare parte a azotului (N) său este de origine simbiotică, în timp ce la alte specii similare, dar non-leguminoase, cum ar fi rapița și floarea-soarelui, care de asemenea depozitează lipide și proteine, azotul este de origine minerală.

Prin urmare, în paralel cu multiplele sale utilizări – alimente umane și animale, energie, chimie verde etc. –, biomasa vegetală constituie o rezervă valoroasă de carbon și azot sub diverse forme, care stochează mai multă energie regenerabilă decât consumă pentru sinteza sa. În consecință, „biomasa... este una dintre soluțiile emblematice pentru a sprijini dezvoltarea unei economii decarbonatate” [2].

2. Mediul. Agricultură viitorului nu doar urmează să elimine efectele negative asupra mediului, ci și să fie responsabilă pentru gestionarea acestuia. Producerea de biomasă și concomitent păstrarea și chiar ameliorarea mediului ar trebui să fie o misiune prioritară pentru agricultură.

3. Energia. Studiul prospectiv la nivelul anului 2030 asupra agriculturii, care se confruntă cu o penurie energetică, efectuat de Vert J. și Portet F. [3], arată că indiferent de tipul de agricultură (intensiv, multifuncțional, organic, ecologic etc.) energia directă (combustibili, electricitate, ...) și indirectă (îngrășăminte, ...) reprezintă cheltuielile principale în agricultură. Fiind preponderent de origine fosilă importată, energia constituie un factor major care conduce la externalizarea consecințelor agriculturii și a vulnerabilității ei pe viitor. Astfel, *autonomia energetică* este un obiectiv esențial pentru o agricultură durabilă, realizabilă prin utilizarea biomasei agricole ca sursă de energie regenerabilă.

CONCEPTUL LOME LA BAZA AGRICULTURII VIITORULUI

Până acum, progresul în agricultură s-a bazat pe cunoștințele obținute în mare măsură din studiile monofactoriale, precum „fertilizarea cu azot”. De exemplu, Gardner J.B. și Drinkwater L.D. [4] au efectuat în 2009 o meta-analiză a 217 experiențe în câmp cu azot marcat cu izotopul ^{15}N pentru a înțelege soarta azotului mineral utilizat ca îngrășământ cu scopul de a limita poluarea nitrică a apei. După cum s-a constatat, cantitatea de azot din plante și din sol crește doar de la 3 la 31 % atunci când azotul și carbonul nu sunt cuplați, în timp ce în gestionarea complexă în care azotul și carbonul sunt cuplați, cantitatea depistată este de 30 și 42 %. Astfel, abordările complexe, fiind o sinteză a agroecologiei și bioeconomiei, vor fi și cele mai eficiente pentru crearea noii agriculturi durabile.

Soluția 1 presupune înlocuirea îngrășămintelor sintetice azotate care necesită energie fosilă pentru sinteza lor (1,8 litri/t N) și eliberează 5,3 kg echivalent $\text{CO}_2/\text{kg N}$, prin azot fixat simbiotic de leguminoase. Cercetările s-au concentrat pe compararea sistemelor

convenționale, intensive, fără leguminoase, cu sistemele de cultură care includ leguminoasele ca principala cultură și culturi succesive. Aceste cercetări evidențiază superioritatea ecologică, energetică și chiar în materie de securitate alimentară a sistemelor de cultură cu leguminoase [5-8]. Efectul leguminoaselor într-un sistem de cultură e dublu: ele diminuează cantitatea de azot mineral folosită ca îngrășământ, deoarece ele nu sunt fertilizate, iar fixând azotul atmosferic îmbogățesc solul cu azot care poate fi folosit de culturile ulterioare. Cu toate acestea, efectul rezidual nu asigură o autonomie totală în azot, ci reduce cantitatea de azot mineral utilizat în rotația culturilor. Relevant în acest sens este studiul pe termen lung (30 de ani), efectuat la stațiunea de cercetare agronomică INRA din Clermont Ferrand (Franța), în care s-a comparat un sistem de cultură convențional, fără leguminoase, cu un sistem în care lucerna ocupă 20 % din suprafața asolamentului [6]. În acest experiment, lucerna timp de doi ani a acumulat aproximativ 700 kg N în biomasa aeriană. Totodată, în cele patru culturi succesive lucernei au fost absorbite încă 200 kg N provenit din lucernă: 83, 47, 48 și 25 kg N, respectiv, pentru anii 1 până la 4. Dacă coeficientul de utilizare a azotului din fracția labilă a materiei organice a solului este de 50 %, atunci această rezervă conține 400 kg N. În plus, introducerea unei culturi succesive de măzăriche după grâu mai contribuie cu 50-100 kg de N în funcție de condițiile climatice prin biomasa aeriană încorporată în sol. Astfel, aceste două surse de azot vor contribui la reducerea dozei totale de îngrășământ mineral pentru fertilizarea non-leguminoaselor.

Soluția 2 presupune înlocuirea integrală a azotului mineral cu azotul fixat de leguminoase, folosind, pe lângă efectul rezidual, biomasa de lucernă ca îngrășământ. În experimentele noastre, contribuția leguminoaselor va depăși 1 300 kg N/ha, dintre care 600 kg vor fi folosite de culturile succesive și 700 kg – în biomasa din sol. În acest caz, biomasa de lucernă produsă pe 20 % din suprafața asolamentului, conținând 13 780 kg N, este utilizată ca îngrășământ organic pe restul de 80 ha din suprafață, care corespunde unui aport de 172 kg N/ha. Acest sistem a fost verificat în cel de-al doilea studiu în care biomasa de lucernă a fost folosită ca îngrășământ [10]. De asemenea, inspirat de aceste rezultate, ARVALIS – Institut du Végétal, a experimentat în 2012 și 2013 posibilitatea de a folosi lucerna ca îngrășământ în contextul producției de cereale organice în bazinul parizian [11]. Toate aceste experimente au demonstrat că autonomia cu azot nu este o utopie, dar nici nu este rentabilă deoarece biomasa de lucernă nu este comercializată.

Soluția 3 vizează crearea unui agroecosistem care combină producția de energie (bioeconomie) cu producția de alimente, rezervând o anumită suprafață pentru culturile energetice. Dacă energia se produce în instalații industriale la nivel național din biomasa produsă în agricultură, ca în cazul biocombustibililor, atunci impactul asupra evoluției sistemelor de recoltare este redus, deoarece această biomasă e produsă în sisteme de culturi intensive și supuse concurenței internaționale. Pe de altă parte, dacă energia produsă este utilizată local la nivelul fermei, atunci trebuie considerată drept activitate agricolă. De exemplu, oleaginoasele se folosesc la producerea uleiurilor vegetale pure care pot fi utilizate direct în calitate de carburant fără a le trece prin instalații industriale complexe. Reziduul (șrotul) constituie un aliment de calitate pentru nutriția animalelor. Până la urmă, având în vedere că agricultura nu este mare consumator de energie, impactul acesteia asupra autonomiei țării se dovedește a fi relativ redus.

Soluția 4 o oferă agroecosistemul experimentat de J. Porter, în care 10 % din suprafață sunt rezervate producției de energie din lemn consumată în fermă cu specii leguminoase și non-leguminoase recoltate la fiecare cinci ani [12]. Restul de 90 % este împărțit între cereale și o pajiște cu leguminoase. În acest sistem nou, cu excepția produselor tradiționale comercializabile precum biomasa (cereale, iarbă, lemn), există *servicii ecosistemice*, inclusiv efecte ecologice pozitive sau negative, care sunt neglijate la stabilirea valorii produselor comercializate. De exemplu, efectul asupra bolilor și dăunătorilor, râmelor, polenizării, a ciclului de azot și carbon (mineralizare, depozitare etc.), poluării apelor, aerului și chiar a peisajului. Cuantificarea acestor efecte poate aduce o valoare suplimentară semnificativă în sistem egală cu 81, 48 și 48 % din valoarea totală (comercializabilă + necomercializabilă), respectiv pentru pășuni, cereale și lemn de combustibil. Extrapolată la nivel european, valoarea necomercializată a sistemului ar depăși subvențiile agricole actuale din Europa. Cu toate acestea, serviciile ecosistemice nu sunt luate în considerare în societățile umane actuale bazate pe relații instantanee între ofertă și cerere într-un cadru globalizat. Dificultățile întâmpinate în stabilirea unei „taxe pe carbon” sunt un exemplu.

Soluția 5 pornește de la faptul că digestia anaerobă a materiei organice în Franța a fost declarată activitate agricolă și, prin urmare, integrabilă într-un sistem de producție. Este vorba de conceptul LOME: Leguminoase, Oleaginoase și Metanizare, care prin combinarea producției de energie și a alimentelor stocabile și comercializabile contribuie la compa-

tibilitatea celor trei obiective majore ale agriculturii (productivitate, mediu și energie) și schimbă în profunzime sistemul de producție, cu impact major asupra autonomiei energetice a țării și a mediului [13; 14]. Cele trei pârghii sunt interdependente, deoarece *Leguminoasele* produc azot, precum și carbon, adică energie, *Oleaginoasele* produc energie și ambele constituie un substrat pentru producerea de energie prin *Metanizare*. C-energie va fi elementul principal exportat. Celelalte elemente – N, P, S, K, Ca, Mg etc. vor fi readuse în sol cu produsele digestiei anaerobe într-o formă ușor asimilabilă. Aceasta este agricultura bazată pe carbon și azot.

▪ **Leguminoasele.** În Franța, din 1959 încoace, suprafața ocupată de leguminoase a scăzut cu 3 000 000 ha, echivalentă cu pierderea a cel puțin 600 000 de tone de azot de origine simbiotică. În schimb, s-au aplicat îngrășăminte minerale a căror energie utilizată pentru fabricarea lor este echivalentă cu 600 000 de tone din surse neregenerabile. Aceasta a dus la un import masiv de proteine, 80 % din total, și la poluarea apelor prin utilizarea excesivă a îngrășămintelor minerale, aproximativ 835 000 de tone de azot. Având în vedere că leguminoasele sunt o adevărată uzină de azot (200-500 kg N/an) și carbon (~ 45% din biomasă), ne întrebăm dacă le putem folosi pentru a satisface nevoile în azot a unui sistem de producție cu productivitate majoră în locul îngrășămintelor minerale. Acest lucru este realizabil cu condiția ca să fie valorificat și carbonul sub formă de energie pentru a compensa pierderea unei culturi comerciale, prin folosirea biomasei drept substrat pentru metanizare.

▪ **Oleaginoasele.** Prin producerea de ulei și de proteine, acestea contribuie la autonomia energetică, pe de o parte, și la autonomia proteică, pe de altă parte. În Franța, aproximativ 2,5 % din terenul cultivabil este folosit pentru producerea de biocombustibili, dintre care 80 % sunt oleaginoase, în special, rapița. Astfel, se creează un sector industrial similar cu alte sectoare pentru valorizarea producției agricole, celei de lapte, carne, fructe, legume, cereale etc., unde rolul agriculturii se reduce la producerea de materie primă. În prezent, cultivate în sistemul intensiv clasic, aceste culturi sunt fertilizate cu îngrășăminte sintetice, ceea ce le scade eficiența energetică. Prin urmare, rămâne să proiectăm *noi sisteme cu culturi de tip energetic care utilizează nu numai carbonul culturilor energetice, ci toată biomasa disponibilă* (reziduuri de culturi și culturi succesive etc.), în care fertilizarea este asigurată cu azot produs de leguminoase și reciclarea altor nutrienți. În acest caz, oleaginoasele și alte culturi energetice își vor găsi locul și vor contribui la schimbarea modului de producție.

Tabelul 1

Cantitatea de biometan și azot produsă în sistemul LOME, Clermont – Ferrand, Franța

Culturi	Suprafață ha	Materie uscată t/ha	LOME (20 % lucernă)			
			Total materie uscată	CH ₄ , m ³	Total CH ₄ m ³	Total kg N
Lucernă 1	10	7	70	335	24000	x
Grâu paie	10	5	50	190	9500	125
Lucernă 2	10	15	150	335	50250	10000
Rapiță paie	10	2	20	150	3000	100
șrot	10	2	20	600	(1200)	500
Grâu paie + măzărice (cultură succesivă)	20	5	100	190	19000	250
		5	100	335	33500	2500
Porumb, <i>coceni</i>	20	7	140	170	23800	700
Floarea-soarelui siloz + lucernă (cultură succesivă)	10	10	100	300	30000	1500
Sfeclă reziduuri	10	4	40	320	12960	1000
TOTAL	100		670		206010	16675
Media/ha: ~2000 m ³ CH ₄ /ha +170 kg N/ha la 100 ha sau 216 kg/ha la 80 ha fără lucernă; 36 % din metan și 70 % de azot provin din biomasa de lucernă.						

▪ **Metanizarea** este un proces biologic care transformă carbonul din materia organică în metan (CH₄) prin fermentare anaerobică. Astfel, se produce biogaz care conține 50-70 % CH₄ și 35 % CO₂, care după purificarea CO₂ poate fi utilizat pentru producerea de energie electrică și termică, de biocombustibil sau chiar poate fi injectat în rețeaua de gaz. Digestatul rămas după fermentare este un îngrășământ ideal pentru plante și menținerea fertilității solului, deoarece conține carbon netransformat ș. a. elemente (N, P, K, Ca, Mg etc.).

De menționat că Franța, prin Legea de modernizare agricolă din 2011, a recunoscut digestia anaerobă în calitate de activitate agricolă, întrucât, în afară de producția de energie regenerabilă, aceasta reduce dependența agriculturii franceze de azotul mineral și poluarea cu azot, producând concomitent venituri suplimentare. Prin urmare, se completează și se extind activitățile tradiționale „organice” de creștere a animalelor și de producție a plantelor. În consecință, pentru ca aceasta să fie cu adevărat o activitate agricolă, *optimizarea și eficiența ar trebui evaluate la nivelul fermei și nu la activitatea de metanizare.*

AGRICULTURA – O SURSĂ DE BIOENERGIE

LOME: câteva exemple privind impactul asupra agriculturii și asupra societății. Cum arată agricultura care aplică conceptul LOME și cum poate fi integrată în societatea viitoare? În primul rând, cu certitudine, în agricultura viitorului, pentru a asigura autonomia în azot și energie, introducerea leguminoaselor ca sursă regenerabilă de carbon și azot este indispensabilă.

În Franța, de exemplu într-o fermă de 100 de hectare care aplică acest concept, folosind asolamentul experimentat la Clermont-Ferrand (20 % lucernă, 30 % grâu, 20 % porumb, 20 % culturi oleaginoase, 10 % sfeclă de zahăr), în care biomasa produsă de lucernă, de culturi succesive din familia leguminoaselor (de pildă, măzăricea), reziduurile de culturi (paiele, cocenii) și alte deșeuri organice rezervate pentru metanizare, dispun de 700 t de materie organică (0% umiditate). Metanizarea lor ar produce 200 000 m³ de CH₄ (2 000 m³/ha) echivalent cu 2 000 MWh de energie (tabelul 1).

Cantitatea de 200 000 m³ CH₄ corespunde la 2 000 MWh energie. Biometanul poate fi injectat în rețeaua de gaze sau în absența unei rețele, prin cogenerare cu o putere instalată de 100 kw se produc aproximativ 800 MWh de energie electrică, evaluat la 120 000 EUR și o cantitate echivalentă de căldură.

Pe de altă parte, prin producerea de energie electrică, dacă nu este consumată local, există riscul de a pierde o parte la transportare, ceea ce reduce eficiența generală a sistemului, comparativ cu injecția și stocarea ca gaz CH₄.

Poate fi extrapolat acest concept pentru agricultura Moldovei și care ar fi rezultatele scontate?

Precizăm din start că productivitatea diferitor culturi în Republica Moldova este cu 30-50 % mai mică decât în Europa de Vest, chiar dacă sunt luate în considerare rezultatele obținute în experiențele de lungă durată de la ICCC „Selecția” Bălți: grâu de toamnă 4-5 t, orz de toamnă 4 t, porumb 6 t, floarea-soarelui 2,0-2,5 t, sfecla de zahăr 40-50 t, borcag (măzărice cu ovăz la

Cantitatea de biometan și azot produsă în sistemul LOME, asolament, ICCC „Selectia”, Bălți [8]

Culturi + culturi succesive (CS)	ha	Producție t/ha	LOME (20% Lucernă)				
			Biomasă		CH ₄ m ³ /t	Total CH ₄ m ³	Total kg N
			t/ha	Total			
Lucernă, anul 1	10	25-30	7	70	335	23450	x
Lucernă, anul 2	10	15-20	5	50	335	16750	4090* 305+104
Grâu + CS	10	5-6.2	5	50	190	9500	250
Porumb	10	3.5-6	3	30	335	10050	750
Porumb	10	3.5-6	5	50	170	8500	250
Sfeclă de zahăr	10	4	10	40	320	12960	1000
Orz + CS	10	3	2	20	190	3800	100
Porumb	10	3.5-6	3	30	335	10050	750
Porumb	10	3.5-6	5	50	170	8500	250
Grâu + CS	10	3-5	5	50	190	9500	500
Floarea-soarelui	10	2-3.2	3	30	335	10050	400
Floarea-soarelui	10	2-3.2	2	20	150	3000	100
Borceag + Lucernă	10	20	4	40	335	13400	1000
TOTAL	100					139510	9440
Media/ha: ~1400 m ³ CH ₄ /ha +94 kg N Lucerna produce 29 % din CH ₄ și 43 % din azot							

*Sursa: Boincean (2014): 305 kg N în masa aeriană timp de doi ani și 104 kg remanentă în sol – în total 409 kg N/ha.

masă verde) 20 t, lucernă 15-25 t [8], care atestă o productivitate cu cel puțin 30 % mai mare față de media pe Republica Moldova.

În ceea ce privește cerealele, de menționat că temperaturile ridicate după înflorirea plantelor sunt un factor important de limitare a potențialului de producție, deoarece la grâu perioada de creștere a bobului este constantă la suma de temperaturi și în consecință variabilă în zile. Dacă această perioadă se diminuează cu o săptămână, atunci potențialul de producție scade cu circa 700 kg! Desigur că acest efect negativ se accentuează în condiții de secetă. Este evident, de asemenea, că cerințele în elemente nutritive depind de potențialul de producție. Un surplus de azot reprezintă o cale de poluare. În schimb, speciile termofile, de exemplu lucerna, vor materializa integral potențialul lor de producție a biomasei, mai ales în condiții de irigare.

Datele din tabelul 2 arată că potențialul producției în Moldova reprezintă circa 70 % din metan și 55 % din azotul recuperat cu digestatul. Dacă cele 20 ha de lucernă nu sunt fertilizate cu digestat, atunci disponibilitatea azotului pentru celelalte culturi (80 ha) ar fi de circa 118 kg N, ceea ce asigură o autonomie totală. În plus, se circula și celelalte elemente nutritive: P, K, Mg, Ca etc.

Astfel, înlocuirea îngrășămintelor sintetice cu azot prin azotul produs de leguminoase recuperat cu digestatul de la metanizare are un efect dublu: economisirea energiei fosile necesare pentru fabricarea îngrășămintelor minerale cu azot și producerea de energie regenerabilă stocată în azot fixat prin simbioză bacteriană.

În fermele cu animale, biomasa produsă este destinată nutriției animalelor, iar gunoiul de grajd este destinat metanizării. Cu toate acestea, în baza zootehniei și digestiei anaerobe e posibil de a optimiza utilizarea biomasei, atribuind o parte digestiei anaerobe, dacă această activitate este mai profitabilă decât creșterea animalelor.

Franța înregistrează circa 10 t de gunoi de grajd pe cap de animal. Aceasta înseamnă că o fermă de 50 ha și 100 de bovine produce 1 000 tone de gunoi de grajd care conține circa 5 500 kg N, 3 500 kg P₂O₅ și 8 000 t K₂O. În plus, prin metanizare o tonă de gunoi de grajd (umed) va produce 60 m³ CH₄ sau 60 000 m³ CH₄, echivalent cu jumătate din biometanul produs în sistemul LOME fără animale.

Dacă extrapolăm la 10 % din efectivele de bovine existente în Franța (20 000 000), România (2 000 000) și Moldova (300 000), atunci am putea produce apro-

ximativ 12, 1,2 și 0,18 milioane m³ CH₄ ... și 110 000, 11 000 și respectiv 1 650 t N pentru fiecare dintre cele trei țări, respectiv. Folosind 100 kg N/ha, putem astfel să fertilizăm o suprafață de 1 100 000, 110 000 și respectiv 16 500 ha.

Prin urmare, prin digestia anaerobă a gunoiiului de grajd și, eventual, a unei părți din biomasa vegetală, se poate asigura o autonomie totală în azot și, eventual, în alți nutrienți. Astfel, introducerea digestiei anaerobe face sistemul mai flexibil și mai adaptabil la cerere.

Am menționat deja că în Franța intensificarea agriculturii prin utilizarea azotului mineral asociat cu introducerea silozului de porumb în alimentația animalelor a dus la dispariția a 3 milioane ha de lucernă. Presupunând că, odată cu sistemul LOME, am reintrodus 1 000 000 ha de lucernă, e posibil de produs mai mult de 10 miliarde m³ de CH₄, echivalentul a 100 milioane MWh de energie. Folosind pentru producerea de energie electrică, am avea 40 milioane MWh în valoare de 6 miliarde de EUR cu un preț de 15 EUR/MWh de energie. Pe lângă energia electrică, am avea o cantitate echivalentă de căldură.

Pentru a produce cele 40 milioane MWh de energie electrică e nevoie de o putere instalată totală de 5 300 MW sau de 10 000 instalații de 500 kw fiecare. Este exact situația din Germania, care în 2015 avea 8 726 de instalații de digestie anaerobă, cu o capacitate totală de 3 905 MW. Pentru a atinge acest nivel, Germania a montat timp de câțiva ani mai mult de 1 000 de instalații de biogaz pe an. Din păcate, astăzi Franța dispune de aproximativ 400 de instalații cu rata de extindere de 40-50 de instalații pe an, în timp ce Germania – de 1 000 de instalații anual, timp de câțiva ani. Evident, obiectivul de 1 000 de instalații de biogaz din fermă până în 2020, prevăzut în planul de metanizare pentru energie, autonomie în azot (EMAA), lansat în 2012, nu va fi atins.

Pornind de la faptul că 1 000 000 ha de lucernă ocupă 20 % din suprafața totală cultivată în Franța, atunci pentru 5 000 000 ha cultivate conform conceptului LOME, producând 170 kg N/ha, totalizăm 850 000 tone de azot, echivalentul a 850 000 tep (tone echivalent petrol). Aceasta reprezintă mai mult de 40 % din cantitatea totală de azot folosită în agricultura franceză pe 26 000 000 ha! Din acest motiv, conceptul dat este aplicabil chiar și în agricultura ecologică, unde azotul este principalul factor limitativ.

În prezent, colegii din Austria, Germania, Olanda și Italia, țările cele mai avansate în acest domeniu, insistă asupra rolului leguminoaselor cuplat cu metanizarea. Germania, de exemplu, prin producerea a 65,5 milioane m³ de digestat reciclează 390 153 t N,

74 075 t P și 331 472 t K, din care 60 % provin din culturi energetice non-leguminoase și 40 % din deșeurile de animale.

Biocarburanții. În afară de producția potențială de CH₄ sau chiar de electricitate și căldură, un alt aspect important se referă la biocarburanți: bio-diesel și bio-etanol.

În 2018 în Franța s-au produs 430 Ml de biocarburanți, echivalentul a 8,8 % din consumul total de carburanți. Franța ocupă locul patru în lume după SUA, Brazilia și Germania la acest capitol. Directivele europene preconizează 14 % de energie regenerabilă pentru transport în 2030, un plafon de 7 % biocarburanți convenționali, 1 % biocarburanți de generația a doua în 2025 și 3,5 % în 2030 cu o diminuare de peste 50 % a gazelor cu efect de seră.

În Franța obiectivele fixate au fost deja realizate în 2012 pentru bio-diesel și în 2016 pentru bio-etanol. Filiera bio-diesel (3 346 milioane de litri care reprezintă 75% din biocarburanți) constituie circa 7 % din cantitatea totală de gaz. Materia primă provine din rapiță (60 %), soia (17 %), palm (14 %), floarea-soarelui (4 %), din care 67% este produsă în Franța.

Filiera biobenzină (1 084 milioane de litri baze pe etanol (57 %) și ETBE (35 %) reprezintă 10,3 % din consumul total. Ea utilizează preponderent o materie primă europeană (98 %), grâu (36 %), sfeclă (35 %) și porumb (21 %) produse în Franța (92 %). La ora actuală, filiera biocarburanților consumatori de materie primă alimentară stagnează, deoarece se așteaptă biocarburanți de a doua generație (lignino-celulozic).

În 2015, suprafața ocupată de culturi nealimentare (culturi industriale și energetice) a fost de 504 426 ha: rapiță (68 %), grâu (16 %), sfeclă (10 %), floarea-soarelui (5 %). Ele pot produce circa 5 000 m³/ha CH₄. Aceste culturi non-leguminoase sunt fertilizate cu 100-200 kg N/ha, ceea ce reprezintă de la 50 până la 100 000 t N produse cu combustibili fosili, echivalentul a 0,5-1 milioane MWh de energie sau 50-100 milioane m³ CH₄ neregenerabili. Iată de ce, pentru a asigura autonomia sistemului în energie, aceste culturi trebuie să fie produse în sistemul LOME.

Este evident că filiera biocombustibilului oferă agriculturii o utilizare suplimentară a producției agricole, fapt ce ar avantaja-o în caz de supraproducție. În realitate, prețul de vânzare fiind determinat la nivel internațional, iar filiera biocombustibililor fiind tentată să importe produsele cele mai ieftine, așa ca uleiul de palmieri sau soia, efectul benefic asupra agriculturii este discutabil.

În tabelul 3 se compară trei sisteme de cultură în care 100 000 ha de rapiță sau de floarea-soarelui sunt destinate producției de biocarburanți: sistemul clasic

Analiză comparativă: trei sisteme de producție de biocarburanți utilizând 100 000 ha de culturi energetice (CE)

Sistem de producție	Suprafața ha	CH ₄ m ³ /ha	Tep /ha	Total	N–îngrășămintă, t
I. Culturi energetice: rapița, floarea-soarelui	100 000	-	1,2	120 000 tep	5 000
II. Asolament energetic: 20 % rapiță (100 000 ha) + 80 % (400 000 ha) alte culturi	500 000	1318	-	659 mld. m ³ 171 752 tep	50 000
III. Sistem LOME: 20 % culturi energetice (100 000 ha rapiță) + 20 % lucernă (100 000 ha) + 60 % alte culturi (300 000 ha)	500 000	2000	-	1 000 mld. m ³ 867 302 tep	85 000

Notă: 1m³ CH₄ = 10,54 kwh = 0,00087 tep (tone echivalent petrol);
 Producția de ulei (Franța): rapiță 900-1600 l/ha, floarea-soarelui 500-1100 l/ha;
 1 t semințe de rapiță sau floarea-soarelui = 6-7 kwh/kg.

intensiv și două asolamente energetice cu activitate de metanizare utilizând 20 % culturi oleaginoase (rapița sau floarea-soarelui) și sistemul LOME, cu 20 % lucernă și 20 % oleaginoase.

Sistemul I, convențional intensiv, corespunde situației actuale. Cu o producție de 1,2 tep/ha se va dispune de 120 000 tep pentru biocarburanți și se va recupera circa 5 000 kg N din reziduurile de culturi prin turtele de rapiță sau floarea-soarelui. Aceasta echivalează cu circa 50 kg N/ha, deci cel mult jumătate din cantitatea utilizată ca fertilizant.

Potriviți sistemului II, cele 100 000 ha de culturi energetice (20 % din asolament) sunt cultivate în prezența metanizării, fapt ce va contribui la recuperarea energiei și azotului din biomasa – reziduuri de cultură (paie, coceni etc.) disponibile la celelalte culturi (400 000 ha).

În sistemul III, sistemul LOME, dispunem de 40 % din suprafața cultivată cu lucernă (20 %) și cu oleaginoase (20 %) utilizate pentru producerea de energie. Se va produce o cantitate totală de energie de 867 milioane tep și se va recupera 85 000 t N, deci circa 170 kg N/ha. Sistemul este autonom în energie și în azot!

Extrapolând la 5 000 000 ha, corespunzător unui sistem LOME pentru Franța, unde 20 % vor fi ocupate cu lucernă și 10 % cu culturi energetice non-leguminoase, se pot produce 12,4 miliarde m³ CH₄ (10 + 2,4). Folosită în calitate de combustibil, această energie echivalează cu 12 400 ktep, ceea ce reprezintă mai mult de 20 % din consumul total pentru transport în Franța. Reiterăm că în prezent Germania produce 7 000 ktep de energie electrică și Franța doar 500 ktep.

Prin urmare, sistemele actuale de producție de biocombustibili sunt prin definiție nerentabile căci nu folosesc digestia anaerobă ca activitate agricolă. Această deducție este valabilă și pentru Moldova.

În schimb, sistemele mixte LOME și energetice pot sta la baza agriculturii viitoare și a autonomiei energetice a țării și a protecției mediului. Aceste două misiuni esențiale la nivelul țării – producerea de energie și protecția mediului –, sunt ignorate, deoarece agricultura este plasată esențial în domeniul alimentației.

Locul biometanului în amestecul energetic.

În 2017 ponderea energiei produse din surse regenerabile în consumul final brut a fost de 17,5 % pentru Uniunea Europeană cu cele 28 de țări-membre, 16,3 % pentru Franța și 24,5 % pentru România. Obiectivul pentru 2020 este de 20 % pentru UE, 23 % pentru Franța și 24 % pentru România. Diferențele majore dintre cele două țări se referă la ponderea energiei nucleare în consumul total, care este de 40 % pentru Franța și 12 % pentru România, precum și la originea gazului și a combustibilului utilizat. Astfel, România este aproape autonomă, iar Franța îl importă. În Franța, biocombustibilii (3 350 ktep), dintre care 84 % sunt uleiuri, reprezintă 9,3 % din energiile regenerabile, energia eoliană – 7,1 %, fotovoltaică – 2,7 % și biogazul – 2,9 %.

De asemenea, trebuie de menționat că în 2016, în Franța, investițiile pentru energii regenerabile au alcătuit 6,7 miliarde EUR, inclusiv 26,4 % pentru turbine eoliene, 11,1 % pentru panouri fotovoltaice (PV) și doar 2,8 % pentru biogaz. Capacitatea instalată pentru producția de energie electrică la sfârșitul anului 2018 a fost de 15 000, 10 000 și 137 MW pentru energia eoliană, solară și biogaz, respectiv. În 2023 sunt preconizate în jur de 24 000, 19 000 și 270 MW, respectiv. În plus, dezvoltarea PV a fost finanțată în mare măsură de consumator (59 % din impozitul special CSPE – contribuție la serviciul public pentru electricitate). În pofida creșterii vertiginose a acestei taxe (de la 4,5 EUR în 2004

până la 22,5 EUR pe MWh în 2016, peste 10 miliarde EUR pe an, ~ 100 EUR/gospodărie), în 2009 a apărut o „datorie CSPE”. Statul, principalul acționar al firmei EDF (Électricité de France), va suplini această datorie la nivel de 4,9 miliarde EUR!

Tarifele de servicii publice pentru energia electrică aferentă energiilor regenerabile au atins 4,6 miliarde EUR în 2017, adică de trei ori mai mult decât în 2011. Aceste taxe corespund subvențiilor alocate producătorilor de energie electrică din surse regenerabile de energie în cadrul mecanismelor obligațiilor de cumpărare și remunerare suplimentară. Fotovoltaica a concentrat 61 % din acest sprijin public în 2017, înaintea energiei eoliene (25 %) și a altor sectoare de energie electrică regenerabilă (14 %). Injecția de biometan în rețeaua de gaze a fost, de asemenea, subvenționată la nivel de 33 milioane EUR.

În consecință, digestia anaerobă s-a dovedit a fi mult mai eficientă decât energia eoliană sau solară, deoarece necesită o investiție de patru-nouă ori mai mică. În 2018, dintr-o producție totală de 27,7 milioane tep energie regenerabilă, digestia anaerobă a produs 3,8 %, cantitate comparabilă cu energia fotovoltaică (3,2 %), și de circa 2,5 ori mai mică decât energia eoliană (8,8%). În plus, biogazul se produce neîntrerupt și este stocabil, pe când celelalte două surse produc energie periodic. Biogazul necesită costuri suplimentare pentru stocare și optimizare, cererea fiind relativ constantă, iar producția aleatoare. Este o situație aberantă, cauzată de faptul că digestia anaerobă a fost evaluată numai pe criteriile industriale și nu ca activitate agricolă, cu efecte directe comercializabile și indirecte prin înlocuirea energiilor, impactul asupra mediului, inclusiv schimbările climatice. Desigur că alte energii regenerabile ar trebui de asemenea să fie luate în considerare pentru a asigura o diversificare. Totuși, impactul lor va fi mult mai mic și concentrat pe energie și nu pe dezvoltarea durabilă, un sector esențial pentru Franța, agricultură și mediu.

Pentru ca digestia anaerobă să devină o activitate agricolă prioritară în vederea aplicării conceptului LOME pentru agricultura viitoare și pentru autonomia energetică a țării, trebuie să ne întrebăm cum să convingem factorii de decizie cu privire la necesitatea imperativă de a acționa, dar și dacă avem cunoștințele agronomice și tehnice adecvate.

În prezent, agricultura românească și cea moldovenească au numeroase ferme care depășesc 500 ha și care în primul rând urmează să fie convinse să adopte conceptul LOME, ele fiind capabile să țină piept costului instalațiilor și optimizării lucrărilor aferente. Pe de altă parte, în Franța, dimensiunea fermelor fiind mult

mai mică, ar fi cazul de încurajat asocierea mai multor fermieri pentru a atinge suprafețe optime. Totodată, trebuie remarcat faptul că, în viziunea LOME, digestia anaerobă constituie o activitate agricolă aflată sub responsabilitatea fermierilor, ceea ce este contrar digestiei anaerobe industriale, unde fermierul devine furnizor de biomasă.

Reiterăm, de asemenea, că avem toate cunoștințele necesare pentru a acționa, deoarece rezultatele așa-numitei cercetări clasice asupra sistemelor de producție sunt utilizate în mare parte în conceptul LOME, de exemplu agricultura de conservare. Evident, schimbând conceptul, anumite teme privind utilizarea digestatului și a ciclului de azot și carbon în sol, va fi nevoie de abordări specifice și experimentări *in situ* la scara parcelei sau chiar a fermei. Crearea de câmpuri experimentale cu o temă de cercetare adaptată la această schimbare de concept, de preferință în parteneriat cu institutele de cercetare actuale ar fi necesară.

CONCLUZII

În actuala agricultură intensivă, cele trei obiective majore: productivitatea, mediul și energia nu sunt compatibile, deoarece combustibilii fosili reprezintă o frână asupra productivității și chiar dacă tehnicile agricole au fost îmbunătățite, efectele negative asupra mediului vor persista. Pe de altă parte, dacă agricultura este o sursă de energie regenerabilă, atunci productivitatea ar putea continua să crească, iar gestionarea mediului ar deveni o realitate agricolă, deoarece agricultura nu va mai fi o sursă de gaze cu efect de seră sau de elemente poluante (nitrați, pesticide ș.a.) ci, dimpotrivă, va participa substanțial la crearea unei economii decarbonatate. În acest caz, agricultura va răspunde semnificativ la cele două obiective majore ale țării – mediul și energia –, ar putea deveni o prioritate în dezvoltarea durabilă a țării.

„...acest nou agroecosistem (CFE) care produce simultan alimente, nutrețuri și bioenergie poate contribui la ameliorarea semnificativă a productivității agricole, a energiei și a serviciilor ecosistemice necomercializate (ES) în comparație cu agricultura convențională, și concomitent necesită un nivel considerabil mai redus de inputuri bazate pe energia fosilă. Extrapolată la scară europeană, valoarea necomercializată a ES din sistemul CFE depășește subvențiile acordate fermelor europene. De asemenea, sistemele integrate de alimente și bioenergie pot oferi o valoare ecologică cuantificabilă și remunerabilă pentru comunitățile agricole și non-agricole din Europa” [12].

BIBLIOGRAFIE

1. [on-line] <https://www.courrierinternational.com/article/2012/10/18/monde-ces-pays-que-la-penurie-alimentaire-menace> (Agenția britanică Maplecroft) (site permanent).
2. [on-line] <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/biomasse-lenergie-et-chimie-panorama-2014> (vizitat în 2020).
3. Portet F. Vert L. Prospective Agriculture Energie, 2030. L'agriculture face aux défis énergétiques, Centre d'études et de prospective, MAAPRAT. 2010, 312 p.
4. Gardner J.B., Drinkwater L.E. The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta-analysis of 15N experiments. In: *Ecol Appl.*, no. 19 (8), 2009, p. 2167-84.
5. Crews T.E., Peoples M.B. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, no. 102, 2004, p. 279-297.
6. Tonitto C., David M.B., Drinkwater L. Replacing fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, no. 112, 2006, p. 58-72.
7. Jensen S. Lk et all. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. In: *A review Agron. Sustain. Dev.*, no. 32, 2012, p. 329-364.
8. Boincean B.P., et all. Legumes as an alternative sources of nitrogen for modern agriculture. In: *Soil as world heritage*, Ed. D Dent, Springer, 2014, p. 343-351.
9. Triboi E., Triboi-Blondel A.M. Toward Sustainable, self-supporting agriculture: biological nitrogen factor as a key for future cropping systems. In: *Soil as world heritage*, Ed D Dent, Springer, 2014, p. 329-343.
10. Triboi E., Triboi A.M. Systèmes de culture autonomes en azote et en énergie : réalité ou utopie? In: *Alter Agri*, Institut technique de l'agriculture biologique, 2008, nr. 89, p. 17-18. [on-line] itab.asso.fr/downloads/AlterAgri/aa89web.pdf (site permanent).
11. Bouttet D., Bouviala M. Fertiliser avec des produits à base de luzerne en grandes cultures biologiques, ARVALIS Institut du Végétal, 2013. [on-line] <https://www.arvalis-infos.fr/valoriser-la-luzerne-comme-engrais-de-ferme-@/view-12345-arvarticle.html> (vizitat în 2020).
12. Porter J. and all. Value of Producing Food, Energy, and Ecosystem Services within an AgroEcosystem, *Ambio*, 2009, Vol. 38, 4, p. 186-193.
13. Archambeau M. Agro-écosystème LOME (E. Triboi, A.M. Triboi: Concrétiser l'agriculture du carbone. *TCS*, 2010, nr. 60, p. 7-9.
14. Triboi E. En finir avec la crise agricole récurrente. LOME: Légumineuses, Oléagineux, Méthanisation. In: *Agro-nomie, écologie et innovation. TCS*, 2017, nr. 94, p. 17-24.



Sergiu Cuciuc. *Colinele Moldovei*, 1986, u. p., 100 × 120 cm.