

IMPATTO DELLA BIOSICUREZZA SULLA SALUTE DEL SUINO E SULLA RIDUZIONE DEI TRATTAMENTI ANTIBIOTICI NELLA PRODUZIONE SUINICOLA

ELISE BERNAERDT^{1*}; JEROEN DEWULF²; DOMINIEK MAES¹

¹ *Unit of Porcine Health Management, Department of Internal medicine, Reproduction and Population medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Salisburylaan 133, 9820 Merelbeke, Belgium*

² *Veterinary Epidemiology Unit, Department of Internal medicine, Reproduction and Population medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Salisburylaan 133, 9820 Merelbeke, Belgium*

* *Corresponding author: elise.bernaerdt@ugent.be*

INTRODUZIONE

Nella produzione suinicola, gli antibiotici possono essere utilizzati in diversi modi. I trattamenti antibiotici terapeutici, o curativi vengono somministrati ad animali malati, preferibilmente dopo la diagnosi di infezione batterica. La somministrazione metafilattica, si riferisce invece alla somministrazione di antibiotici a un gruppo di animali dopo la diagnosi di infezione e/o malattia clinica in una parte di un gruppo per prevenire la diffusione dell'infezione agli animali a stretto contatto. La somministrazione profilattica, o preventiva è invece la somministrazione di antibiotici a un animale o a un gruppo di animali senza la presenza di segni clinici per prevenire l'insorgenza della malattia, ad esempio in periodi di stress come lo svezzamento (Aarestrup, 2005). La somministrazione profilattica di antimicrobici è considerata utilizzo non prudente del farmaco. Inoltre, nel dicembre 2018 è stato annunciato il nuovo regolamento UE sul farmaco veterinario, entrato in vigore nel gennaio 2022.

Uno degli obiettivi principali di questo nuovo regolamento è quello di rafforzare la risposta dell'UE nel combattere l'antibiotico resistenza, ed è stato stabilito che l'uso profilattico degli antibiotici dovrebbe essere applicato solo in casi eccezionali, per la somministrazione su singoli animali, quando il rischio di infezione è molto elevato e le conseguenze potrebbero essere gravi. Inoltre, il veterinario dovrebbe essere in grado di giustificare la prescrizione di antibiotici, specialmente in caso di uso metafilattico e profilattico. Questo nuovo regolamento vieta l'uso profilattico di antimicrobici in gruppi di animali (European Council Regulation, 2018).

Il progetto European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption (ESVAC), avviato dall'Agenzia europea per i medicinali (EMA), raccoglie dati sugli antimicrobici in medicina veterinaria nell'Unione europea. La partecipazione al progetto è volontaria e nel primo rapporto del 2010 hanno partecipato solo 19 paesi europei, mentre nel rapporto più recente del 2021 i paesi partecipanti erano 31 (Figura 1).

Venticinque paesi hanno fornito dati in modo continuativo sulle vendite tra il 2011 e il 2021 e le loro vendite sono state ridotte del 47 % nello stesso periodo (EMA, 2022). Una diminuzione maggiore dell'uso di antibiotici (AMU) si osserva soprattutto nei paesi con un consumo elevato. Per i paesi in cui erano già poco utilizzati, ad esempio i paesi scandinavi, è più difficile ridurre ulteriormente l'AMU.

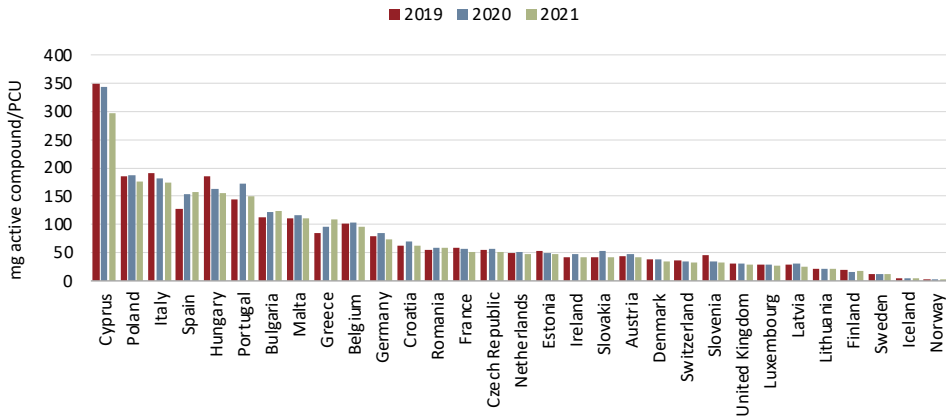


Figura 1. Panoramica delle vendite totali di antibiotici veterinari per animali destinati alla produzione di alimenti, in 31 paesi europei espresse in mg di principio attivo per PCU (unità di correzione della popolazione) dal 2019 al 2021 (adattato da European Medicines Agency (EMA), 2022)

Uso degli antibiotici nella produzione suinicola

Gli antibiotici possono essere somministrati per via parenterale, cioè tramite iniezione, o per via orale, cioè nei mangimi o nell'acqua potabile. La via parenterale è utilizzata principalmente per il trattamento di singoli animali, mentre la via orale è utilizzata per il trattamento di interi gruppi di animali. In alcuni studi il trattamento orale era quello più comune (Callens et al., 2012; Chauvin et al., 2002; Sarrazin et al., 2019; Sjölund et al., 2016), mentre in altri il trattamento parenterale era prevalente (Sjölund et al., 2015).

Esiste un'associazione tra l'AMU e la fase di produzione suina. Gli antibiotici vengono più comunemente usati nei suini più giovani e specialmente nei suini in svezzamento (Callens et al., 2012; Sarrazin et al., 2019; Sjölund et al., 2016). Inoltre, ci sono diversi momenti di picco di utilizzo, in cui l'AMU aumenta, e questi picchi si riferiscono probabilmente ad alcuni periodi di stress nella vita di un maiale: nascita e castrazione (settimana 1), svezzamento (settimana 4) e inizio della fase di ingrasso (settimana 9) (Figura 2) (Sarrazin et al., 2019). I dati suggeriscono che la somministrazione strategica (profilattica) di antimicrobici a interi gruppi di animali sia una pratica comune. (Sjölund et al., 2016).

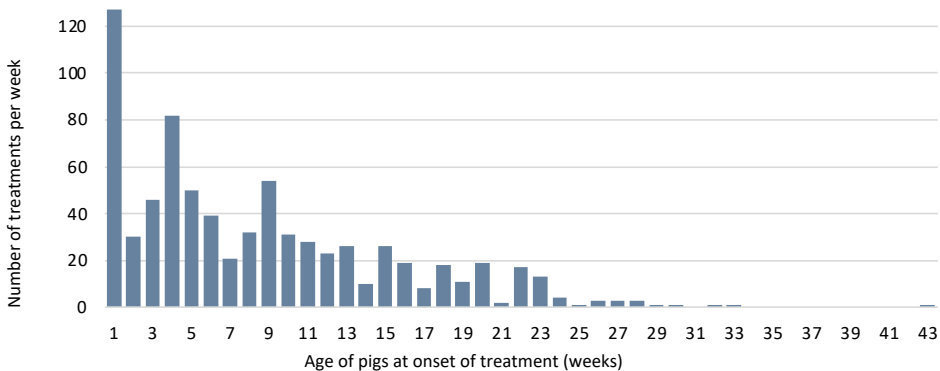


Figura 2. Numero di trattamenti antimicrobici di gruppo a settimana applicati a un lotto di suini dalla nascita alla macellazione (adattato da Sarrazin et al., 2019)

Ci sono varie ragioni per trattare i suini con antibiotici: infezioni gastrointestinali, respiratorie o generali (Jensen et al., 2012; Sarrazin et al., 2019). Ma spesso, l'indicazione più comune per il trattamento dipende dall'età del maiale. I suini da riproduzione e da ingrasso sono trattati principalmente contro le infezioni gastrointestinali, mentre le scrofe e i suinetti sottoscrofa sono più spesso trattati contro infezioni articolari e cutanee, e infezioni del sistema nervoso (Jensen et al., 2012).

Diversi studi hanno identificato i fattori di rischio per l'AMU. Questi fattori di rischio possono essere suddivisi in quattro gruppi principali, vale a dire: 1) caratteristiche dell'allevamento, 2) biosicurezza, 3) immunità e 4) fattori socio-economici (tabella 1).

Tabella 1. Panoramica dei fattori di rischio per l'AMU nella produzione suinicola

Tipi di fattori di rischio	Fattori di rischio	Bibliografia
Caratteristiche dell'allevamento	Nessuna analisi dei parametri produttivi Alto tasso di mortalità in ingrasso Nessun applicazione di sostanze omeopatiche Allevamenti grandi (scrofe) Allevamento piccolo (animali all'ingrasso) Visita del veterinario < 2 volte per anno Allevamento non Specific Pathogen Free Tipo di allevamento	Arnold et al. (2016) ^c , Hirsiger et al. (2015) ^b Casal et al. (2007) ^{ac} , O'Neill (2016) ^a Arnold et al. (2016) ^c Backhans et al. (2016) ^a , Van der Fels-Klerx et al. (2011) ^{cd} Hybschmann et al. (2011) ^{ac} , Vieira et al. (2011) ^c Hirsiger et al. (2015) ^b Hybschmann et al. (2011) ^{ac} , Sjölund et al. (2015) ^a Casal et al. (2007) ^{ac} , Hybschmann et al. (2011) ^{ac} , Van der Fels-Klerx et al. (2011) ^{cd}
Biosicurezza generale Biosicurezza esterna	Bassa biosicurezza generale Bassa biosicurezza esterna I tecnici di allevamento lavoran in altri allevamenti Distanza dall'allevamento più vicino < 500 metri Area ad alta densità di suini Nessuna calzatura specifica per i visitatori Qualità bassa dell'acqua nelle sale parto	Laanen et al. (2013) ^a , Postma et al. (2016b) ^a Postma et al. (2016b) ^a Arnold et al. (2016) ^c Arnold et al. (2016) ^c Hybschmann et al. (2011) ^{ac} , Van der Fels-Klerx et al. (2011) ^d Arnold et al. (2016) ^c Hirsiger et al. (2015) ^b
Biosicurezza interna	Bassa biosicurezza interna Nessuna flusso lavorativo di routine da animali sani a malati Mescolare animali di diverse provenienze nello stesso box Ingresso continuo di animali nei compartimenti	Laanen et al. (2013) ^a Arnold et al. (2016) ^c Arnold et al. (2016) ^c Hirsiger et al. (2015) ^b
Immunità	Suinetti svezzati Vaccinazione degli animali	Callens et al. (2012) ^a , Postma et al. (2016b) ^a , Sjölund et al. (2016) ^a O'Neill (2016) ^a , Postma et al. (2016b) ^a , Stevens et al. (2007) ^{ac} , Temtem et al. (2016) ^a
Fattori socio-economici	Aumento di età dell'allevatore Allevatrici femmine Elevata formazione dello staff tecnico Veterinario	Backhans et al. (2016) ^a Backhans et al. (2016) ^a Backhans et al. (2016) ^a Hybschmann et al. (2011) ^{ac} , (Speksnijder et al., 2015a), Speksnijder et al. (2015b)

Gli studi sono stati effettuati in tipi diversi di allevamento: ^a ciclo chiuso; ^b svezzamento; ^c ingrasso; ^d ciclo aperto

Ridurre l'uso di antibiotici nella produzione suinicola

Migliore gestione della salute e della biosicurezza

La biosicurezza dovrebbe essere la base di qualsiasi programma di controllo delle malattie (Figura 3). Se la biosicurezza è corretta, prevenire le malattie attraverso la vaccinazione o altri mezzi darà risultati migliori, il che significa che ci sarà meno bisogno di trattamenti curativi con antibiotici. Ci sono alcuni principi generali riguardanti la biosicurezza che si applicano a diverse specie animali (Dewulf & Van Immerseel, 2018):

1. Separazione di animali e ambienti ad alto e a basso rischio
2. Riduzione della pressione generale di infezione
3. Non tutte le vie di trasmissione hanno la stessa importanza
4. Il rischio è una combinazione di probabilità di trasmissione e frequenza del verificarsi delle diverse vie di trasmissione
5. Gruppi di animali più grandi presentano rischi più elevati.



Figura 3. La biosicurezza dovrebbe essere la base di qualsiasi programma di controllo delle malattie (Dewulf, 2018)

Le misure di biosicurezza in un allevamento mirano a limitare o addirittura prevenire completamente la trasmissione di agenti patogeni. Tutte le misure che mirano a ridurre il rischio di introduzione di agenti patogeni in un allevamento sono raggruppate sotto il nome di misure di biosicurezza esterna, mentre quelle che mirano a ridurre la diffusione di agenti patogeni all'interno di un allevamento sono definite come misure di biosicurezza interna (Figura 4). Per la produzione suinicola, ci sono sei categorie di biosicurezza esterna: 1) Acquisto di suini da riproduzione, suinetti e sperma; 2) Trasporto di animali, rimozione di carcasse e liquami; 3) Fornitura di mangimi, acqua e attrezzature; 4) Visitatori e personale dell'azienda; 5) Controllo dei parassiti e degli uccelli; e 6) Ubicazione dell'allevamento. Esistono poi sei categorie di biosicurezza interna: 1) Gestione delle malattie; 2) Periodo di parto e allattamento; 3) Unità svezzamento; 4) Unità di ingrasso; 5) Misure tra compartimenti, flussi e utilizzo delle attrezzature; e 6) Pulizia e disinfezione (Dewulf et al., 2018).

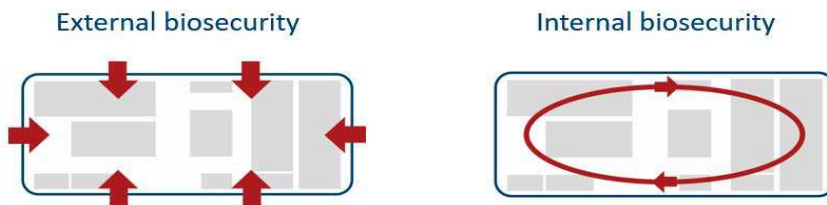


Figura 4. Rappresentazione grafica della biosicurezza esterna e interna (Dewulf, 2018)

Diversi studi hanno già dimostrato l'impatto positivo della biosicurezza sull'uso di antibiotici, senza compromettere i risultati di produzione. In uno studio sugli allevamenti di suini belgi dal parto alla macellazione, un punteggio di biosicurezza interna più elevato era correlato a una minore incidenza di trattamenti antibiotici, suggerendo che una migliore biosicurezza potrebbe aiutare a ridurre l'uso di antibiotici (Laanen et al., 2013). In uno studio sugli allevamenti francesi effettuato su tutto il ciclo, è stato osservato un uso inferiore di antibiotici nelle aziende con diverse misure di biosicurezza, come la disinfezione dell'area di carico, la quarantena e l'acclimatazione delle scrofette, la struttura dell'allevamento e i flussi, e l'applicazione del principio all-in/all-out (Lannou et al., 2012). In uno studio su quattro paesi europei, una maggiore biosicurezza esterna è stata significativamente associata a una minore incidenza di trattamento antibiotico (Postma et al., 2016a). Questo risultato è stato confermato in uno studio in cui il livello di biosicurezza interna era associato a un migliore controllo delle malattie infettive e a una minore necessità di trattamenti antibiotici (Collineau et al., 2017a). In Danimarca, nel 2010 è stato introdotto il "Yellow Card Scheme" per ridurre l'uso di antibiotici. È stato riportato che diverse misure di biosicurezza come il miglioramento delle procedure di pulizia e l'attenzione alla produzione all-in/all-out hanno contribuito a ridurre il consumo di antibiotici (Dupont et al., 2017). Uno studio condotto nei Paesi Bassi ha rilevato che una migliore biosicurezza, ad esempio la presenza di una barriera sanitaria e il controllo dei parassiti con ditta professionale, erano correlati a minori probabilità di avere *Escherichia coli* produttore di beta-lattamasi in azienda (Dohmen et al., 2017). Uno studio belga ha rilevato che un miglioramento dello stato di biosicurezza, combinato con la gestione corretta degli antibiotici ha contribuito a ridurre l'uso di antibiotici rispettivamente del 52% e del 32% per i suini dalla nascita alla macellazione e nelle scrofe (Postma et al., 2017). Una valutazione economica basata sui risultati di questo studio ha mostrato che è stato ottenuto un beneficio di € 2,67 per suino da ingrasso all'anno, dopo l'implementazione degli interventi di biosicurezza (Rojo-Gimeno e Postma et al., 2016). Uno studio simile è stato condotto in quattro paesi europei. Nello studio, una riduzione dell'uso di antibiotici è stata ottenuta mediante interventi specifici per l'allevamento, compresa la biosicurezza, senza impatto negativo sui parametri di produzione. La variazione mediana dei profitti netti delle aziende è stata stimata a € 4,46 e € 1,23 per scrofa all'anno nelle aziende belghe e francesi, rispettivamente (Collineau et al., 2017b).

La certificazione Raised Without Antibiotics (RWA)

Raised Without Antibiotics (RWA) è un'etichetta di certificazione riconosciuta in alcuni paesi come la Danimarca e gli Stati Uniti. Tuttavia, i criteri specifici di inclusione e le caratteristiche degli allevamenti RWA non sono chiari e l'attuazione degli RWA in un gran numero di aziende con condizioni di gestione e stabulazione diverse è stata studiata solo in modo limitato. In uno studio belga di Bernaerd et al. (2022), l'utilizzo di antibiotici di 28 allevamenti di suini è stato tracciato per un periodo di 35 mesi. Gli obiettivi dello studio erano valutare se fosse possibile ottenere e mantenere lo status di RWA e determinare le differenze tra RWA e allevamenti di suini convenzionali. Nello studio, RWA è stato definito come "nessun antibiotico dalla nascita fino alla macellazione". Ai suini che necessitavano di un trattamento antibiotico individuale è stata applicata una marca auricolare e sono stati esclusi dal programma RWA. I risultati dello studio hanno mostrato che 13 allevamenti su 28 stavano allevando con successo suini senza antibiotici dopo un periodo di coaching di un anno. Un anno dopo, ancora 12 su 13 stavano mantenendo questo status. Gli allevamenti RWA erano più piccoli (mediana 200 scrofe, range 85-300) rispetto agli allevamenti non-RWA (mediana 350 scrofe, range 180-1250). La banda 4 settimanale era utilizzata maggiormente nelle aziende non RWA, mentre i sistemi in banda 3 e 5 settimanale erano utilizzati più spesso

nelle aziende RWA. L'età di svezzamento era leggermente più alta (non significativamente) negli allevamenti RWA (media 24,9 giorni), rispetto agli allevamenti non RWA (media 23,9 giorni). Questo studio ha dimostrato che gli allevatori potrebbero raggiungere e mantenere lo stato RWA attraverso un coaching specifico per l'azienda relativo all'AMU prudente e al miglioramento della biosicurezza.

CONCLUSIONI

E' chiaro che l'uso di antimicrobici diminuirà ulteriormente e alla fine diventerà un atto eccezionale nel futuro allevamento suino. Ovviamente, per la maggior parte delle aziende, sia all'interno che all'esterno dell'Europa, questo richiederà ulteriori sforzi e si concretizzerà con allevamenti, biosicurezza e gestione migliori. In definitiva, questa riduzione comporterà anche il livellamento e, si spera, anche l'inversione della selezione della resistenza, portando a ulteriori benefici per la salute animale e umana, la sicurezza e la sanità alimentare a livello globale.

BIBLIOGRAFIA

1. Aarestrup, F. M. (2005). Veterinary drug usage and antimicrobial resistance in bacteria of animal origin. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 96(4), 271-281.
2. Arnold, C., Schüpbach-Regula, G., Hirsiger, P., Malik, J., Scheer, P., Sidler, X., Spring, P., Peter-Egli, J., & Harisberger, M. (2016). Risk factors for oral antimicrobial consumption in Swiss fattening pig farms—a case-control study. *Porcine health management*, 2(1), 1-9.
3. Backhans, A., Sjölund, M., Lindberg, A., & Emanuelson, U. (2016). Antimicrobial use in Swedish farrow-to-finish pig herds is related to farmer characteristics. *Porcine health management*, 2(1), 1-7.
4. Bernaerdt, E., Maes, D., Van Limbergen, T., Postma, M., & Dewulf, J. (2022). Determining the characteristics of farms that raise pig without antibiotics. *Animals*, 12(10), 1224.
5. Callens, B., Persoons, D., Maes, D., Laanen, M., Postma, M., Boyen, F., Haesebrouck, F., Butaye, P., Catry, B., & Dewulf, J. (2012). Prophylactic and metaphylactic antimicrobial use in Belgian fattening pig herds. *Preventive veterinary medicine*, 106(1), 53-62.
6. Casal, J., Mateu, E., Mejía, W., & Martín, M. (2007). Factors associated with routine mass antimicrobial usage in fattening pig units in a high pig-density area. *Veterinary research*, 38(3), 481-492.
7. Chauvin, C., Beloeil, P. A., Orand, J. P., Sanders, P., & Madec, F. (2002). A survey of group-level antibiotic prescriptions in pig production in France. *Preventive veterinary medicine*, 55(2), 109-120.
8. Collineau, L., Backhans, A., Dewulf, J., Emanuelson, U., große Beilage, E., Lehébel, A., Loesken, S., Okholm Nielsen, E., Postma, M., & Sjölund, M. (2017a). Profile of pig farms combining high performance and low antimicrobial usage within four European countries. *Veterinary Record*, 181(24), 657-657.
9. Collineau, L., Rojo-Gimeno, C., Léger, A., Backhans, A., Loesken, S., Nielsen, E. O., Postma, M., Emanuelson, U., große Beilage, E., & Sjölund, M. (2017b). Herd-specific interventions to reduce antimicrobial usage in pig production without jeopardising technical and economic performance. *Preventive veterinary medicine*, 144, 167-178.
10. Dewulf, J. (2018). *8 myths on antibiotic resistance disproved*.
11. Dewulf, J., Postma, M., Vanbeselaere, B., Maes, D., & Filippitzi, M. E. (2018). Transmission of pig diseases and biosecurity in pig production. In J. Dewulf & F. Van Immerseel (Eds.), *Biosecurity in animal production and veterinary medicine* (1st ed., pp. 295-328). Leuven, Belgium, Acco.

12. Dewulf, J., & Van Immerseel, F. (2018). General principles of biosecurity in animal production and veterinary medicine. In J. Dewulf & F. Van Immerseel (Eds.), *Biosecurity in animal production and veterinary medicine* (1st ed., pp. 63-76). Leuven, Belgium, Acco.
13. Dohmen, W., Dorado-García, A., Bonten, M. J. M., Wagenaar, J. A., Mevius, D. J., & Heederik, D. J. J. (2017). Risk factors for ESBL-producing *Escherichia coli* on pig farms: A longitudinal study in the context of reduced use of antimicrobials. *PloS one*, *12*(3), e0174094.
14. Dupont, N., Diness, L. H., Fertner, M., Kristensen, C. S., & Stege, H. (2017). Antimicrobial reduction measures applied in Danish pig herds following the introduction of the “Yellow Card” antimicrobial scheme. *Preventive veterinary medicine*, *138*, 9-16.
15. European Council Regulation. Regulation (EU) 2019/6 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on Veterinary Medicinal Products and repealing Directive 2001/82/EC. (2018).
16. European Medicines Agency (EMA). (2022). *Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2021. Trends from 2010 to 2021*. Retrieved from https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-31-european-countries-2021-trends-2010-2021-twelfth-esvac_en.pdf
17. Hirsiger, P., Malik, J., Kümmerlen, D., Vidondo, B., Arnold, C., Harisberger, M., Spring, P., & Sidler, X. (2015). Risikofaktoren für den oralen Einsatz von Antibiotika und Tierbehandlungsinzidenz bei Absetzferkeln in der Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, *157*(12), 682-688.
18. Hybschmann, G. K., Ersbøll, A. K., Vigre, H., Baadsgaard, N. P., & Houe, H. (2011). Herd-level risk factors for antimicrobial demanding gastrointestinal diseases in Danish herds with finisher pigs: a register-based study. *Preventive veterinary medicine*, *98*(2-3), 190-197.
19. Jensen, V. F., Emborg, H. D., & Aarestrup, F. M. (2012). Indications and patterns of therapeutic use of antimicrobial agents in the Danish pig production from 2002 to 2008. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, *35*(1), 33-46.
20. Laanen, M., Persoons, D., Ribbens, S., de Jong, E., Callens, B., Strubbe, M., Maes, D., & Dewulf, J. (2013). Relationship between biosecurity and production/antimicrobial treatment characteristics in pig herds. *The Veterinary Journal*, *198*(2), 508-512.
21. Lannou, J., Hémonic, A., Delahaye, A. C., Guinaudeau, J., Corrége, I., Morvan, R., Gueguen, F., Lewandowski, E., & Adam, M. (2012). *Antibiotiques en élevage porcin: modalités d'usage et relation avec les pratiques d'élevage*. Paper presented at the Congrès annuel de l'AFMVP, Maisons-Alfort.
22. O'Neill, J. (2016). Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. Retrieved from https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf
23. Postma, M., Backhans, A., Collineau, L., Loesken, S., Sjölund, M., Belloc, C., Emanuelson, U., Große Beilage, E., Nielsen, E. O., & Stärk, K. D. C. (2016a). Evaluation of the relationship between the biosecurity status, production parameters, herd characteristics and antimicrobial usage in farrow-to-finish pig production in four EU countries. *Porcine health management*, *2*(1), 1-11.
24. Postma, M., Backhans, A., Collineau, L., Loesken, S., Sjölund, M., Belloc, C., Emanuelson, U., Große Beilage, E., Stärk, K. D. C., & Dewulf, J. (2016b). The biosecurity status and its associations with production and management characteristics in farrow-to-finish pig herds. *Animal*, *10*(3), 478-489.
25. Postma, M., Vanderhaeghen, W., Sarrazin, S., Maes, D., & Dewulf, J. (2017). Reducing

- antimicrobial usage in pig production without jeopardizing production parameters. *Zoonoses and public health*, 64(1), 63-74.
26. Rojo-Gimeno, C., Postma, M., Dewulf, J., Hogeveen, H., Lauwers, L., & Wauters, E. (2016). Farm-economic analysis of reducing antimicrobial use whilst adopting improved management strategies on farrow-to-finish pig farms. *Preventive veterinary medicine*, 129, 74-87.
 27. Sarrazin, S., Joosten, P., Van Gompel, L., Luiken, R. E. C., Mevius, D. J., Wagenaar, J. A., Heederik, D. J. J., & Dewulf, J. (2019). Quantitative and qualitative analysis of antimicrobial usage patterns in 180 selected farrow-to-finish pig farms from nine European countries based on single batch and purchase data. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 74(3), 807-816.
 28. Sjölund, M., Backhans, A., Greko, C., Emanuelson, U., & Lindberg, A. (2015). Antimicrobial usage in 60 Swedish farrow-to-finish pig herds. *Preventive veterinary medicine*, 121(3-4), 257-264.
 29. Sjölund, M., Postma, M., Collineau, L., Lösken, S., Backhans, A., Belloc, C., Emanuelson, U., Große Beilage, E., Stärk, K., & Dewulf, J. (2016). Quantitative and qualitative antimicrobial usage patterns in farrow-to-finish pig herds in Belgium, France, Germany and Sweden. *Preventive veterinary medicine*, 130, 41-50.
 30. Speksnijder, D. C., Jaarsma, D. A. C., Van Der Gugten, A. C., Verheij, T. J. M., & Wagenaar, J. A. (2015a). Determinants associated with veterinary antimicrobial prescribing in farm animals in the Netherlands: a qualitative study. *Zoonoses and public health*, 62, 39-51.
 31. Speksnijder, D. C., Jaarsma, D. A. C., Verheij, T. J. M., & Wagenaar, J. A. (2015b). Attitudes and perceptions of Dutch veterinarians on their role in the reduction of antimicrobial use in farm animals. *Preventive veterinary medicine*, 121(3-4), 365-373.
 32. Stevens, K. B., Gilbert, J., Strachan, W. D., Robertson, J., Johnston, A. M., & Pfeiffer, D. U. (2007). Characteristics of commercial pig farms in Great Britain and their use of antimicrobials. *Veterinary Record*, 161(2), 45-52.
 33. Temtem, C., Kruse, A. B., Nielsen, L. R., Pedersen, K. S., & Alban, L. (2016). Comparison of the antimicrobial consumption in weaning pigs in Danish sow herds with different vaccine purchase patterns during 2013. *Porcine health management*, 2(1), 1-11.
 34. Van der Fels-Klerx, H. J., Puister-Jansen, L. F., Van Asselt, E. D., & Burgers, S. L. G. E. (2011). Farm factors associated with the use of antibiotics in pig production. *Journal of Animal Science*, 89(6), 1922-1929.
 35. Vieira, A. R., Pires, S. M., Houe, H., & Emborg, H. D. (2011). Trends in slaughter pig production and antimicrobial consumption in Danish slaughter pig herds, 2002–2008. *Epidemiology & Infection*, 139(10), 1601-1609.